

10 / 526031  
PCT/JP03/11114

29.08.03

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

28 FEB 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 2 年 1 2 月 2 0 日  
Date of Application:

出 願 番 号      特 願 2 0 0 2 - 3 7 0 8 0 0  
Application Number:  
[ST. 10/C] :      [ J P 2 0 0 2 - 3 7 0 8 0 0 ]

REC'D 17 OCT 2003

WIPO      PCT

出 願 人      日本精工株式会社  
Applicant(s):

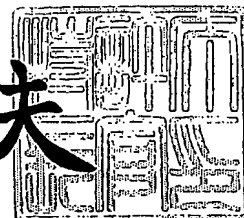
BEST AVAILABLE COPY

PRIORITY  
DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 3 年 1 0 月    3 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 1 6 1 C

【書類名】 特許願

【整理番号】 P-41876

【提出日】 平成14年12月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01M 13/00

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

    【氏名】 宮坂 孝範

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内

    【氏名】 武藤 泰之

【特許出願人】

    【識別番号】 000004204

    【氏名又は名称】 日本精工株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100105647

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 小栗 昌平

    【電話番号】 03-5561-3990

【選任した代理人】

    【識別番号】 100105474

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 本多 弘徳

    【電話番号】 03-5561-3990

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100108589

【弁理士】

【氏名又は名称】 市川 利光

【電話番号】 03-5561-3990

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100115107

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 猛

【電話番号】 03-5561-3990

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100090343

【弁理士】

【氏名又は名称】 栗宇 百合子

【電話番号】 03-5561-3990

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 092740

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0002910

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 異常診断装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 鉄道車両の車軸用軸受装置の異常の有無を診断する異常診断装置であって、

前記軸受装置から発生する信号を電気信号として出力する検出処理部と、

前記検出処理部の出力を基に前記軸受装置の異常診断を行う演算処理部と、

前記演算処理部による判定結果を出力する結果出力部と、

前記判定結果に基づき前記鉄道車両の制御系に制御信号をフィードバックする制御処理部と、

を備えたことを特徴とする異常診断装置。

【請求項 2】 前記演算処理部は、前記検出処理部からの前記電気信号を蓄積し、前記信号の種類によって適切な分配ルートに分配するデータ蓄積分配部と、

前記データ蓄積分配部から分配された電気信号を基に、前記軸受装置に関する所定の物理量を算出する分析部と、

前記軸受装置に関する軸受装置データが保存された第 1 データ保存部と、

前記分析部の分析結果と、前記内部データ保存部に保存された前記軸受装置データとを比較参照し、前記軸受装置の異常診断を行う比較判定部と、

前記分析部の分析結果および前記比較判定部による判定結果を保存する第 2 データ保存部とを有することを特徴とする請求項 1 記載の異常診断装置。

【請求項 3】 前記分析部は、前記演算処理部から送られた電気信号のノイズ成分を除去又は特定の周波数成分を抽出し、出力するフィルタ処理部と、

前記フィルタ処理部から出力された信号の周波数分析を行う周波数分析部と、を有し、

前記比較判定部は、前記周波数分析部の周波数分析結果に基づき、前記軸受装置の異常診断を行うことを特徴とする請求項 2 記載の異常診断装置。

【請求項 4】 前記分析部は、前記データ蓄積部から出力された信号を基に前記軸受装置の温度を算出する温度分析部を有し、

前記比較判定部は、前記温度分析部が算出した前記温度に基づき、前記軸受装置の異常診断を行うことを特徴とする請求項 2 又は 3 記載の異常診断装置。

【請求項 5】 前記分析部は、前記データ蓄積部から出力された信号を基に前記軸受装置の回転速度を算出する回転分析部を有し、

前記比較判定部は、前記回転分析部が算出した前記回転速度に基づき、前記軸受装置の異常診断を行うことを特徴とする請求項 2 乃至 4 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 6】 前記演算処理部は、前記異常診断結果に応じて前記第 2 データ保存部に蓄積されたデータを前記制御処理部に出力することを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 7】 前記フィルタ処理部は、1 kHz 以下の周波数成分のみを抽出することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 8】 前記検出処理部の前記検出器は、前記軸受装置の静止部であって負荷圈に配置されることを特徴とする請求項 1 乃至 7 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 9】 前記データ蓄積分配部は、所定レベル以上のノイズ成分を含む電気信号を前記分析部に出力しないことを特徴とする請求項 1 乃至 8 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 10】 前記比較判定部は、異常に起因する周波数とその高調波のレベルを基準値と比較することにより前記軸受装置の異常診断を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 11】 前記比較判定部は、異常に該当する周波数及びその高長波のピーク値の少なくとも一つが所定の基準値よりも大きい場合に異常と判断することを特徴とする請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 12】 前記比較判定部は、異常を示す周波数及びその高長波のピーク値を基に、前記軸受装置の損傷の度合いを推定することを特徴とする請求項 1 乃至 11 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 13】 前記比較判定部は、異常を示す周波数とその高長波のレベルを比較することにより異常診断を判定することを特徴とする請求項 1 乃至 12

の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 14】 前記比較判定部は、異常を示す周波数を含む周波数帯域の実効値を基に異常診断を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 13 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 15】 前記比較判定部は、周波数スペクトルをケプストラム分析することにより異常診断を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 14 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 16】 前記検出処理部と前記演算処理部間及び前記演算処理部及び前記制御処理部間は、それぞれ防水、防油、防塵、防錆及び防湿機能並びに耐熱、耐電及び耐電磁ノイズ性を有するケーブルを介して信号伝達を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 15 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 17】 前記検出処理部と前記演算処理部間及び前記演算処理部及び前記制御処理部間は、それぞれ無線通信機を備え、前記無線通信機を介して無線を介して信号伝達を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 15 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 18】

前記検出処理部と前記演算処理部間及び前記演算処理部及び前記制御処理部間は、それぞれ防水、防油、防塵、防錆及び防湿機能並びに耐熱及び耐電磁ノイズ性を有するケーブルを介して信号伝達を行う、または無線通信機を介して通信を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 15 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 19】 リアルタイムに異常診断を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 18 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 20】 前記蓄積分配部に蓄積したデータを車両走行時とは別の時間に異常診断することを特徴とする請求項 1 乃至 18 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 21】 前記軸受装置の軸受の異常の有無及び異常発生箇所を診断することを特徴とする請求項 1 乃至 20 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 22】 車輪のフラット部を診断することを特徴とする請求項 1 乃至 20 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【請求項 2 3】 前記軸受装置の歯車の異常の有無及び異常発生箇所を診断することを特徴とする請求項 1 乃至 2 0 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、鉄道車両の車軸用軸受装置の異常診断装置に係り、より詳しくは台車のトランスミッションの軸受やギアボックス内の軸受或いは車軸を支持する軸受装置を分解することなく、軸受の欠陥を検出可能とする異常診断装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、鉄道車両の車軸を回転自在に支持する軸受装置では、摺動部材である軸受構成部品の摩耗や破損による不都合の発生を防止するために、定期的に分解目視検査を実施するようにしている。

この分解目視検査は、車両の一定期間の使用後に、軸受を車両から取り外して分解し、熟練した専門の検査担当者が、目視により分解した各構成部品の摩耗の度合いや傷の有無を確認する。この確認により、新品の部品にはない凹凸や摩耗などの異常が検出されれば、新品に交換し、再度組み立てを実施する。

【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、この分解検査は、車両から軸受を取り外す分解作業や、検査済みの軸受構成部品を再度組み立て直す組み込み作業に多大な労力がかかり、車両の保守・管理コストの大幅な増大を招くという問題があった。

【0 0 0 4】

また、例えば、組み立て直す際に検査前には無かった打痕を軸受構成部品につけてしまうなど、検査自体が軸受の欠陥を生む原因となる虞もある。

また、限られた時間内で多数の軸受を目視で検査するため、欠陥を見落とす可能性が残るという欠点もあった。

更に、目視検査では、欠陥の程度の判断に個人差が生じ、実質的には欠陥がな

くても欠陥有りと見なされて部品交換が行われてしまう場合があり、無駄にコストがかかることにもなる。

#### 【0005】

本発明は、前述した問題点に鑑みてなされたものであり、手間のかかる分解・組み立て作業の頻度を減少させて保守・管理コストを低減させることができる異常診断装置を提供することを目的とする。

#### 【0006】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の目的は、以下の手段によって達成される。

(1) 鉄道車両の車軸用軸受装置の異常の有無を診断する異常診断装置であって

、  
前記軸受装置から発生する信号を電気信号として出力する検出処理部と、  
前記検出処理部の出力を基に前記軸受装置の異常診断を行う演算処理部と、  
前記演算処理部による判定結果を出力する結果出力部と、  
前記判定結果に基づき前記鉄道車両の制御系に制御信号をフィードバックする  
制御処理部と、

を備えたことを特徴とする異常診断装置。

(2) 前記演算処理部は、

前記検出処理部からの前記電気信号を蓄積し、前記電気信号の種類によって適切な分配ルートに分配するデータ蓄積分配部と、

前記データ蓄積分配部から分配された電気信号を基に、前記軸受装置に関する所定の物理量を算出する分析部と、

前記軸受装置に関する軸受装置データが保存された第1データ保存部と、

前記分析部の分析結果と、前記内部データ保存部に保存された前記軸受装置データとを比較参照し、前記軸受装置の異常診断を行う比較判定部と、

前記分析部の分析結果および前記比較判定部による判定結果を保存する第2データ保存部とを有することを特徴とする(1)記載の異常診断装置。

(3) 前記分析部は、

前記演算処理部から送られた電気信号のノイズ成分を除去又は特定の周波数成



分を抽出し、出力するフィルタ処理部と、

前記フィルタ処理部から出力された信号の周波数分析を行う周波数分析部と、  
を有し、

前記比較判定部は、前記周波数分析部の周波数分析結果に基づき、前記軸受装置の異常診断を行う特徴とする(2)記載の異常診断装置。

(4) 前記分析部は、前記データ蓄積部から出力された信号を基に前記軸受装置の温度を算出する温度分析部を有し、

前記比較判定部は、前記温度分析部が算出した前記温度に基づき、前記軸受装置の異常診断を行うことを特徴とする(2)又は(3)記載の異常診断装置。

(5) 前記分析部は、前記データ蓄積部から出力された信号を基に前記軸受装置の回転速度を算出する回転分析部を有し、

前記比較判定部は、前記回転分析部が算出した前記回転速度に基づき、前記軸受装置の異常診断を行うことを特徴とする(2)乃至(4)の何れかに記載の異常診断装置。

(6) 前記演算処理部は、前記異常診断結果に応じて前記第2データ保存部に蓄積されたデータを前記制御処理部に出力することを特徴とする(1)乃至(5)の何れかに記載の異常診断装置。

(7) 前記フィルタ処理部は、1 kHz以下の周波数成分のみを抽出することを特徴とする(1)乃至(6)の何れかに記載の異常診断装置。

(8) 前記検出処理部の前記検出器は、前記軸受装置の静止部であって負荷圈に配置されることを特徴とする(1)乃至(7)の何れかに記載の異常診断装置。

(9) 前記データ蓄積分配部は、所定レベル以上のノイズ成分を含む電気信号を前記分析部に出力しないことを特徴とする(1)乃至(8)の何れかに記載の異常診断装置。

(10) 前記比較判定部は、異常に起因する周波数とその高調波のレベルを基準値と比較することにより前記軸受装置の異常診断を行うことを特徴とする(1)乃至(9)の何れかに記載の異常診断装置。

(11) 前記比較判定部は、異常に該当する周波数及びその高長波のピーク値の少なくとも一つが所定の基準値よりも大きい場合に異常と判断することを特徴と

する請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載の異常診断装置。

(12) 前記比較判定部は、異常を示す周波数及びその高長波のピーク値を基に、前記軸受装置の損傷の度合いを推定することを特徴とする (1) 乃至 (11) の何れかに記載の異常診断装置。

(13) 前記比較判定部は、異常を示す周波数とその高長波のレベルを比較することにより異常診断を判定することを特徴とする (1) 乃至 (12) の何れかに記載の異常診断装置。

(14) 前記比較判定部は、異常を示す周波数を含む周波数帯域の実効値を基に異常診断を行うことを特徴とする (1) 乃至 (13) の何れかに記載の異常診断装置。

(15) 前記比較判定部は、周波数スペクトルをケプストラム分析することにより異常診断を行うことを特徴とする (1) 乃至 (14) の何れかに記載の異常診断装置。

(16) 前記検出処理部と前記演算処理部間及び前記演算処理部及び前記制御処理部間は、それぞれ防水、防油、防塵、防錆及び防湿機能並びに耐熱、耐電及び耐電磁ノイズ性を有するケーブルを介して信号伝達を行うことを特徴とする請求項 (1) 乃至 (15) の何れかに記載の異常診断装置。

(17) 前記検出処理部と前記演算処理部間及び前記演算処理部及び前記制御処理部間は、それぞれ無線通信機を備え、前記無線通信機を介して無線を介して信号伝達を行うことを特徴とする請求項 (1) 乃至 (15) の何れかに記載の異常診断装置。

(18) 前記検出処理部と前記演算処理部間及び前記演算処理部及び前記制御処理部間は、それぞれ防水、防油、防塵、防錆及び防湿機能並びに耐熱及び耐電磁ノイズ性を有するケーブルを介して信号伝達を行う、または無線通信機を介して通信を行うことを特徴とする請求項 (1) 乃至 (15) の何れかに記載の異常診断装置。

(19) リアルタイムに異常診断を行うことを特徴とする (1) 乃至 (18) の何れかに記載の異常診断装置。

(20) 前記蓄積分配部に蓄積したデータを車両走行時とは別の時間に異常診断

することを特徴とする（１）乃至（１８）の何れかに記載の異常診断装置。

（２１） 前記軸受装置の軸受の異常の有無及び異常発生箇所を診断することを特徴とする（１）乃至（２０）の何れか１項に記載の異常診断装置。

（２２） 車輪のフラット部を診断することを特徴とする（１）乃至（２０）の何れかに記載の異常診断装置。

（２３） 前記軸受装置の歯車の異常の有無及び異常発生箇所を診断することを特徴とする（１）乃至（２０）の何れかに記載の異常診断装置。

#### 【０００７】

以上、本発明によれば、鉄道車両およびその軸受装置を分解をせずに通常の使用状態のままで異常判定を行うことが可能である。従って、手間のかかる分解・組み立て作業の頻度を減少させて保守・管理コストを低減させることができる。また、規定の演算処理による分析や比較で機械的に判定を行うため、従来の目視検査と比較すると、検査担当者の熟練度や個人差によって判定がばらつく虞がなく、異常の有無の診断の信頼性を向上させることができる。

#### 【０００８】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面に基づいて本発明に係る機械設備の異常診断装置の実施形態を詳細に説明する。

#### 【０００９】

図１は、本発明に係る鉄道車両用の異常診断装置の実施形態を示したものである。異常診断装置１は、検出処理部２０と、演算処理部３０と、制御処理部４０とから構成されている。

#### 【００１０】

異常診断装置１は、鉄道車両の車軸を支承する軸受装置内の複数の転がり軸受２１の摩耗や破損による異常の発生を検出するものである。各転がり軸受２１は、それぞれ車体側に内嵌する外輪２３と、車軸に外嵌し、車軸と共に回転する内輪２４と、外輪２３の内周面側に形成された外輪軌道と内輪２４の外周面側に形成された内輪軌道との間に図示せぬ保持器により保持され、両軌道間に転動自在に配置された玉、ころ等の転動体２５と、外輪２１に取り付けられた検出器とし

てのセンサ 22 とを備えている。図 1 では、検出処理部 20 は、各々転がり軸受 21 とセンサ 22 からなる検出部 20a、20b 及び 20c により構成されている。

#### 【0011】

センサ 22 は、軸受 21 の回転状態に応じて変化する物理量として、音 J1、振動 J2、軸受の回転数 J3、軸受温度 J4、軸受外輪上に生じる歪み J5 等の情報を検出する複数の検出素子を有する検出器である。各検出素子は、検出した各物理量を電気信号として演算処理部 30 に出力する。各検出素子は、それぞれ独立に別の場所に配置されていてもよいし、複数の検出素子を独立に配置する代わりに、複数の検出素子とその筐体の内部に収納し、複数種類の信号を同時に検出する複合センサユニットをセンサ 22 として用いるように構成してもよい。本実施形態においては、図 2 (a) に示すように、センサ 22 は、ユニットケース 22a 内に各種センサ 22b、22c 及び 22d を収納した構成としている。以下、センサ 22 は、ユニットケース 22a 内部に軸受 21 の温度を検出する温度検出素子 22b と、軸受 21 の内輪（車軸）の回転速度を検出する回転検出素子 22c と、軸受 21 に発生する振動を検出する振動検出素子 22d とを有しているとして説明を行う。

#### 【0012】

各検出素子 22b～22c は、検出した振動、温度、回転数に対応する電気信号を増幅器 50 を介して増幅し、演算処理部 30 に出力する。増幅器 50 は、図 2 (b) に示すように、センサユニットケース 22a 内部にそれぞれ設けてもよいし、図 1 に示すとおり、センサ 22 と演算処理部 30 との間にそれぞれ設けてもよいし、演算処理部 30 内部に設けるように構成してもよい。好ましくは、ユニットケース 22a 内に検出素子 22b、22c 及び 22d 毎にそれぞれ増幅器 22e、22f 及び 22g を取り付けることが好ましい。センサ 22 から出力された信号がケーブルを介して演算処理部 30 に伝達される間に、ノイズが入り込み、測定の信頼性が低下する恐れがあるが、予め増幅器を介して信号レベルを大きくしておくことにより、ノイズの影響を受けにくくなり、信頼性が向上する。

#### 【0013】

センサ 22 と演算処理部 30 との間は、有線（ケーブル）により信号が伝達される。有線（ケーブル）は、ノイズの減少等測定精度を向上させるために、防水、防油、防塵、防錆、防湿、耐熱、耐電磁ノイズ性を有しているのが好ましい。同様に、センサ 22 の各検出素子 22b ～ 22d は、ノイズの減少等測定精度を向上させるために、防水、防油、防塵、防錆、防湿、耐熱、耐電磁ノイズ性を有しているのが好ましい。例えばセンサユニット内にすべての検出素子を収納し、センサ 22 の筐体 22a に防水、防油、防塵、防錆、防湿、耐熱、耐電磁ノイズ性を持たせることによって、実施することが可能である。

#### 【0014】

演算処理部 30 は、各検出素子 22b ～ 22d から受け取った出力である電気信号の演算処理を行い、軸受の異常の有無および異常発生箇所の特定制を行うユニットである。演算処理部 30 は、例えば、既存のオペレーションシステムと異常診断実行用ソフトウェアアプリケーションがインストールされたパーソナルコンピュータを用いて構成してもよいし、各部毎に独立した処理、保存回路から構成される演算ユニットとして構成してもよい。

#### 【0015】

演算処理部 30 は、データ蓄積分配部 31 と、温度分析部 32 と、回転分析部 33 と、フィルタ処理部 34 と、振動分析部 35 と、比較判定部 36 と、内部データ保存部 37 と、データ蓄積出力部 38 と、を有している。以下、演算処理部 30 の各部の構成及び機能について詳述する。

#### 【0016】

図 3 は、第 1 のデータ蓄積部であるデータ蓄積分配部 31 を示す図である。データ蓄積分配部 31 は、データ蓄積部 31a と、サンプリング部 31b と、サンプリング基準設定部 31c とを有している。データ蓄積部 31a は、各検出素子 22b ～ 22d からの出力信号を各信号毎に保存するデータ保存媒体であり、各種メモリやハードディスク等で構成することが可能である。

#### 【0017】

データ蓄積部 31a は、各検出素子 22b ～ 22d から送られた信号を受け取り一時的に蓄積すると共に、信号の種類に応じて各分析部 32, 33, 34 の何

れかに信号を振り分ける。各種信号は、データ蓄積分配部 3 1 に送られる前段にて、図示せぬ A/D コンバータによりデジタル信号に変換される。

#### 【0 0 1 8】

サンプリング基準設定部 3 1 b は、外部の入力部 1 0 0 から得られた情報に基づいて、振動検出素子 2 2 d が出力したアナログ信号からノイズの影響が大きい領域を除外するための基準値を設定するものである。ここで、入力部 1 0 0 は、マウス・キーボード等の入力手段であり、ユーザは、入力部 1 0 0 を介して基準値を任意に設定することが可能である。

#### 【0 0 1 9】

サンプリング部 3 1 c は、時間データである振動、温度、回転数データを所定長さに切り出して、後段の分析部に信号を出力するためのサンプリングを行う。このサンプリング部 3 1 c は、振動検出素子 2 2 d からの出力信号がサンプリング基準設定部 3 1 b が設定した基準値より大きなノイズを含んでいる場合には、そのノイズが入っている時間帯について信号のサンプリングを行わず、後段のフィルタ処理部 3 4 に信号が出力されないようにする。具体的には、信号レベルがある一定値以上となっているある 2 点 A および B を検出し、A から B の時間の間は、データをフィルタ処理部 3 4 及び振動分析部 3 5 の方に出力しないよう制御する。これにより、大きなノイズデータを含む時間領域の周波数成分を行わないようにすることが可能となり、誤った異常診断を行う可能性を小さくすることが可能である。なお、サンプリング基準設定部 3 1 b 及びサンプリング部 3 1 c は、必ずしも設ける必要はなく、また同様の効果を奏することが可能であれば、例えばデータ蓄積部 3 1 a の前段等、別の場所に配置するように構成してもよい。

#### 【0 0 2 0】

温度分析部 3 2 は、温度検出素子 2 2 b からの出力信号を基に軸受の温度を算出し、算出した温度を比較判定部 3 6 に送出する。分析部 3 2 は、例えば検出素子の特性に応じた温度換算テーブルを有しており、検出信号のレベルを基に、温度データを算出する。

#### 【0 0 2 1】

回転分析部 3 3 は、回転検出素子 2 2 c からの出力信号を基に、内輪 2 4、つ

まりは車軸の回転速度を算出し、算出した回転速度を比較判定部 3 6 に送出する。例えば、回転検出素子 2 2 c が、内輪 2 4 に取り付けられたエンコーダと外輪 2 3 に取り付けられた磁石および磁気検出素子で構成されている場合には、回転検出素子 2 2 c が出力する信号は、エンコーダの形状と回転速度に応じたパルス信号となる。回転分析部 3 3 は、エンコーダの形状に応じた所定の変換関数又は変換テーブルを有しており、関数またはテーブルに従って、パルス信号から内輪 2 4 および車軸の回転数を算出する。

#### 【 0 0 2 2 】

振動分析部 3 5 は、振動検出素子 2 2 d からの出力信号を基に、軸受 2 1 に発生している振動の周波数分析を行う。具体的には、振動分析部 3 5 は、振動信号の周波数スペクトルを算出する F F T 計算部であり、F F T のアルゴリズムに基づいて、振動の周波数スペクトルを算出する。算出された周波数スペクトルは、比較判定部 3 6 に送られる。また、振動分析部 3 5 は、F F T を行う前処理として、振動信号の包絡線を求めるエンベロープ処理を行い、ノイズの低減を図るように構成してもよい。振動分析部 3 5 は、必要に応じて、エンベロープ処理後のエンベロープデータもあわせて比較判定部 3 6 に出力する。

#### 【 0 0 2 3 】

一般に、軸受の回転に起因して生じる振動の異常周波数帯は、軸受の大きさ、転動体の数等に依存して決まっている。軸受の各部材の欠陥と、各部材で発生する異常振動周波数の関係は、図 4 に示すとおりである。周波数分析においては、サンプリング時間に応じて、フーリエ変換可能な最大の周波数（ナイキスト周波数）が決まるため、ナイキスト周波数以上の周波数は、振動信号中に含まれていないことが好ましい。そのため、本実施形態では、データ蓄積分配部 3 1 と振動分析部 3 5 の間にフィルタ処理部 3 4 を設け、フィルタ処理部 3 4 にて所定の周波数帯を切り出し、切り出された周波数帯のみを含む振動信号を振動分析部 3 5 に送出するように構成している。鉄道車両において、低速で車軸が回転している場合には、例えば、1kHz 以下の周波数成分のみを抽出するように構成すればよい。

#### 【 0 0 2 4 】

また、フィルタ処理部 34 は、最初はフィルタ処理を行わず、振動分析部 35 にてまず周波数スペクトルを求め、ピークが観測される周波数帯を予め見積もり、その後に周波数帯域に対応したフィルタ処理を行った後に、改めて周波数分析を行うように構成してもよい。このように構成することによっても、不要なノイズを効果的に排除し、精度の高い周波数分析を行うことが可能となる。

#### 【0025】

センサ 22, 特に振動検出素子 22d を負荷がかかっている部位（負荷圏）に取り付けると、感度良く信号を検出できるため、より精度の高い測定が行える。ここで、負荷圏とは、図 5 に示すように、転動体に対する荷重が負荷される領域を指す。また、負荷圏にセンサを取り付けるスペースがない時やノイズを発生する高電圧ケーブルが配設されている時など止むを得ず非負荷圏に取り付ける場合は、フィルタ処理などで信号の検出感度を上げるようにすることで測定が可能となる。

#### 【0026】

比較判定部 36 は、振動分析部 35 が求めた振動の周波数スペクトルと、内部データ保存部 37 に保存されている基準値または周波数スペクトル中から算出される基準値とを比較し、異常振動が発生しているかどうかを判定する。ここで、基準値は、軸受の特定部位の摩耗や破損に起因した周波数成分のデータ、または周波数スペクトル毎に求められるスペクトルに含まれた所定の値である。比較判定部 36 は、周波数成分の比較による判定と同時に、温度分析部 32 および回転分析部 33 から得られた温度および回転速度の分析結果と、内部データ保存部 37 に蓄積されている軸受の各種データ等の仕様諸元データを参照し、判定の正確性を期す。

#### 【0027】

具体的には、比較判定部 36 は、振動の周波数スペクトルを基に異常有りと判定された場合、軸受の温度を確認し、温度が所定値を超えていれば重大な異常が発生していると判断する。また、何れかのみが異常を示している場合には、何らかの異常が生じていると判断する。そしてどちらの結果も正常であれば、異常なしと判断する。何れか一方のみが異常を示している場合には、複数回判定を行っ



ても結果が変わらない場合に異常有りと判断するように構成してもよい。比較判定部 36 は、異常診断の結果をデータ蓄積出力部 38 に出力する。

#### 【0028】

比較判定部 36 が行う振動情報を基にした異常診断の具体的な処理としては、以下のような方法が挙げられる。

#### 【0029】

(1) エンベロープデータの実効値を基準値として用いる方法

本方法では、図 4 の式を基に、異常時に発生する周波数成分を求める。そしてエンベロープデータの実効値を算出し、この実効値から比較用の基準値を求める。そして、基準値以上の周波数を算出し、異常時に発生する周波数成分との比較を行う。以下、図 6 を参照しながら説明を行う。

#### 【0030】

まず、センサユニット 22 a に収納された振動検出素子 22 d を介して軸受の振動を検出する（ステップ S101）。検出された信号は、所定の増幅率で増幅され、A/D変換器によりデジタル信号に変換される（ステップ S102）。デジタル信号に変換された振動信号は、所定のフォーマットにて、データ蓄積分配部 31 に保存される（ステップ S103）。

#### 【0031】

次に、デジタル信号の周波数スペクトルを求め（ステップ 104）、求められた周波数スペクトルを基に、フィルタ処理部 34 が、デジタル信号に適用されるフィルタ帯域を選定する（ステップ S105）。フィルタ処理部 34 は、選定したフィルタ帯域以外の周波数成分を除去するフィルタ処理を行い（ステップ S106）、フィルタ処理後のデジタル信号を振動分析部 35 に出力する。そして、振動分析部 35 は、フィルタ処理後のデジタル信号にエンベロープ処理を施し（ステップ S107）、エンベロープ処理後のデジタル信号の周波数スペクトルを求める（ステップ S108）。

#### 【0032】

同時に、エンベロープ処理後のデジタル信号の実効値を計算し（ステップ S109）、実効値を基にして、異常診断に用いられる基準値を算出する（ステップ

S112)。ここで、実効値は、エンベロープ処理後のデジタル信号の振幅の絶対値の平均値として求められたものである。基準値は、実効値を基に、以下の式

(1) または (2) に基づき算出される。

$$(\text{基準値}) = (\text{実効値}) + \alpha \quad \dots (1)$$

$$(\text{基準値}) = (\text{実効値}) \times \beta \quad \dots (2)$$

$\alpha$ ,  $\beta$ : データの種類によって可変な所定の値

### 【0033】

次に、図4に示す表に基づき、軸受の異常に起因して発生する周波数を求め（ステップS110）、求めた周波数に対応する各部材の異常周波数成分のレベル、すなわち、内輪傷成分 $S_i(Zfi)$ 、外輪傷成分 $S_o(Zfc)$ 、転動体成分 $S_b(2fb)$ 及び保持器成分 $S_c(fc)$ を抽出し（ステップS111）、ステップ112で計算された基準値との比較を行う（ステップS113）。そして、すべての成分の値が、基準値より小さい場合には、軸受に異常は発生していないと判断し（ステップS114）、いずれかの成分が基準値以上である場合には、該当個所に異常が発生していると判断する（ステップS115）。

### 【0034】

図7は、異常が発生していない場合の周波数スペクトルを、そして図8は、外輪に異常が発生している場合の周波数スペクトルをそれぞれ例示するグラフである。図7の例においては、エンベロープデータより、基準値が $-29.3 \text{ dB}$ として得られた。図7中のグラフ中に基準値のラインを引き、内輪傷成分 $S_i(Zfi)$ 、外輪傷成分 $S_o(Zfc)$ 、転動体成分 $S_b(2fb)$ 及び保持器成分 $S_c(fc)$ と比較を行うと、何れの成分のレベルも、基準値より小さかった。従って、この軸受は、正常であると判断できる。一方、図8の場合には、外輪傷成分 $S_o(Zfc)$ が基準値よりも大きく突出しており、軸受の外輪に異常が発生していると判断することができる。

### 【0035】

また、図9は、保持器に傷がある場合の周波数スペクトルと基準値の関係を示すグラフである。図9においては、保持器傷に対応する周波数 $fc$ において、基準

値よりも大きなピークが観測されている。このように、発生周波数のピークの有無は、軸受に起因する周波数におけるレベルと基準値との比較によって判断されるため、図9に示すような小さなピークであっても、適切に診断を行うことが可能である。

#### 【0036】

(2) スペクトルのピークを求め、ピーク周波数と異常周波数を比較する方法

本方法では、図4の式を基に、異常時に発生する周波数成分を求める。そして、振動分析部36が求めた周波数スペクトルの中で所定数または基準値以上のピークについて、異常が発生する周波数成分に該当するかどうかを照合する。以下、図10に示すフローチャートを基に詳細を説明する。

#### 【0037】

ステップS108までの流れは、(1)の方法に記載したものと同様であるため省略する。本方法では、まず得られた周波数スペクトルのピークを計算する(ステップS109)。ここで、周波数のピークを求めるためには、第一に、各周波数成分のデータ点のレベルとその一つ前の周波数成分のデータ点のレベルの差を示す差データを求める。そして、差データの符号が正から負に代わる変曲点を探しだし、その正負の基になった差データに関与している周波数値でピークとなっていると判断する。ただし、診断に必要なピーク値は、山(傾斜)が急な鋭いピークとなっているもののみを対象とするため、傾きが所定の基準値(例えば、1又は-1)より大きい又は小さい場合にのみ、ピークとなっていると判断するようにする。

#### 【0038】

図11は、周波数スペクトルを示す図である。図11において、連続する3点A( $X_0$ ,  $Y_0$ )、B( $X_1$ ,  $Y_1$ )及びC( $X_2$ ,  $Y_2$ )については、点Bがピークとなっている。この場合、AとBとの差データ $\delta_1 = Y_1 - Y_0 > 0$ となっており、BとCとの差データ $\delta_2 = Y_2 - Y_1 < 0$ となっているため、差データが正から負に変化している。そして、ここで傾き $(Y_1 - Y_0) / (X_1 - X_0) > 1$ または $(Y_2 - Y_1) / (X_2 - X_1) < -1$ を満たしている場合、点Bがピークであると判断する。

## 【0039】

そして、軸受の諸元から図4に基づき、異常周波数を算出し（ステップS202）、求めた周波数に対応する各部材の異常周波数成分のレベル、すなわち、内輪傷成分 $S_i(Z_{fi})$ 、外輪傷成分 $S_o(Z_{fc})$ 、転動体成分 $S_b(2fb)$ 及び保持器成分 $S_c(fc)$ を抽出する（ステップS203）。そして、ピーク周波数と異常時に発生する周波数を比較し、ピーク周波数と算出した異常周波数が一致しているかどうか判断する（ステップS204）。そして、あるピークが異常周波数と一致している場合には、該当する異常周波数に対応する部材に異常が発生していると判断する（ステップS206）。どの周波数とも一致していない場合には、異常無しと判断する（ステップS205）。

## 【0040】

## (3) 基本周波数と特定の高調波を用いる方法

本方法は、異常周波数成分の基本周波数である1次の値、基本周波数の倍の周波数を持つ2次の値、そして基本周波数の4倍の周波数を持つ4次の値についてピークの周波数と異常時に発生する周波数が一致しているかどうかを比較し、少なくとも2つの周波数において異常有りと判断された場合には、最終的に異常有りと判断し、異常有りと判断された周波数が一つ以下である場合には、異常なしと判断する。以下、図12を参照しながら、詳細に説明する。

## 【0041】

周波数スペクトルを算出し、異常に起因して発生する周波数の算出までのプロセスは、方法(1)のフローと同様である。本方法では、比較において、まず図12に示すように、異常時に発生する基本成分(1次成分)の周波数において、スペクトルの値が基準値以上であるかどうかを判断する(ステップS301)。スペクトルの値が、基準値以上である場合には、1次成分が一致したと判断し、ステップS302へ進む。一方、一致しなかった場合には、ステップS311へ進む。

## 【0042】

ステップS302では、異常時に発生する基本成分の2倍の周波数をもつ2次成分の周波数において、スペクトルの値が基準値以上であるかどうかを判断する

。スペクトルの値が、基準値以上である場合には、2次成分が一致したと判断し、ステップS321で該当個所に異常が発生していると最終判断する。一方、一致しなかった場合には、ステップS312へ進む。

#### 【0043】

ステップS311でも、異常時に発生する基本成分の2倍の周波数をもつ2次成分の周波数において、スペクトルの値が基準値以上であるかどうかを判断する。スペクトルの値が、基準値以上である場合には、2次成分が一致したと判断し、ステップS312へ進む。一方、一致しなかった場合には、ステップS321へ進み、該当個所に異常は発生していないと最終判断する。

#### 【0044】

ステップS312では、異常時に発生する基本成分の4倍の周波数をもつ4次成分の周波数において、スペクトルの値が基準値以上であるかどうかを判断する。スペクトルの値が、基準値以上である場合には、4次成分が一致したと判断し、ステップS321で該当個所に異常が発生していると最終判断する。一方、一致しなかった場合には、該当個所に異常は、発生していないと最終判断する。

#### 【0045】

図13は、外輪に傷がある場合の、周波数スペクトルを示す図である。基本周波数である $Z_{fc}$ の自然数倍の高調波が観測されていることがわかる。この場合の基準値が $-10\text{ dB}$ である場合には、1次、2次及び4次の成分すべてについて、スペクトルの値が基準値以上となっていることがわかる。従って、本方法の処理により、外輪に異常が発生していると判断される。

#### 【0046】

一般に、異常に対応する周波数に偶然ノイズ等の影響により大きなピークが観測されるような場合が考えられるが、本方法によれば、1次、2次及び4次の成分の内、少なくとも2つの周波数において、ピークの値が基準値以上でなければ異常と判断しないため、誤判断を行う可能性を減少することが可能となる。

#### 【0047】

なお、図12のフローチャートでは、1次、2次、4次の順に比較を行ったが、ピークレベルが大きい方から順に比較を行うように構成してもよい。この場合

には、最もピークが大きな周波数のピークが基準値以下であれば、その時点で、異常なしと判断することが可能であり、演算時間を短縮することが可能である。

また、組み合わせる周波数成分としては、1次の値、2次の値および3次の値の組み合わせや2次の値、4次の値および6次の値の組み合わせであってもよい。

#### 【0048】

##### (4) 異常診断と共に損傷の大きさを推定する方法

方法(1)～(3)において、異常の有無を診断したが、以下のようにして、損傷の大きさを推定することも可能である。図14は、エンベロープ処理後の周波数スペクトルを示す図である。図において、周波数 $Z_{fc}$ に大きなピークが観測されており、外輪に損傷が発生していることがわかる。この $Z_{fc}$ におけるピークの値 $L_n$ と周波数スペクトル全体の平均値である基準レベル $L_0$ を比較すると、異常を起こしている外輪における損傷の大きさを推定することができる。

#### 【0049】

図15は、転がり軸受において、軌道輪の損傷である剥離が生じた場合に、剥離の大きさと、実測周波数スペクトルデータ d1 上に現れるピークと基準レベルとの間のレベル差の関係を示したものである。このように、一般的に、レベル差は、損傷の大きさに比例して増大するため、逆に、実測周波数スペクトルデータ d1 上のピークにおけるレベル差を求めることで、損傷の大きさを推定することが可能である。なお、実測周波数スペクトルデータ d1 上でのピークレベルの増大は、周波数成分の1次値に対応するピークで一番顕著となる。従って、異常が検出された場合に、周波数成分の1次の値 $L_n$ と基準レベル $L_0$ とのレベル差 $l$ を計算することにより、損傷の度合いを推定し、損傷の度合いに応じて、損傷部品の交換時期を決定することができる。これにより、過剰な部品交換やメンテナンスの実施するのではなく、適切な時期に交換を行うようにし、維持コストを削減することが可能となる。

#### 【0050】

##### (5) 基本周波数の自然数倍の高調波成分とのレベル差を基準値とする方法

本方法は、異常周波数成分の基本周波数である1次のレベルに対して、基本周

波数の 2、3、4、・・・n 倍の周波数を持つ 2、3、4、・・・n 次のレベルが基準値以上となっている個数をカウントし、所定個数以上基準値を超えている場合に、異常が発生していると判断するものである。具体的には、1 次のレベルに対し、n 次の値が  $\{(1 \text{ 次のレベル}) - (n - 1) \cdot a\}$  (dB) 以上である場合に、カウントを行う。ここで a は、任意の値である。以下、図 16 に示すフローチャートを参照しながら説明する。

#### 【0051】

図 16 は、本方法における処理フローを示すフローチャートである。本方法における周波数スペクトル算出までの処理は、図 6 のフローチャートのステップ S101～ステップ S108 に至るまでの処理と同一である。図 16 には、ステップ S108 以降の処理を示す。

#### 【0052】

まず、図 4 に示す式を参照して、軸受の異常に起因する異常周波数を軸受の各部位（外輪、内輪、転動体、及び保持器）毎に算出し（ステップ S401）、異常周波数に対応する周波数スペクトルのレベルを抽出する（ステップ S402）。そして、異常周波数の自然数倍（2、3、・・・n 倍）の周波数に対応する周波数スペクトルのレベルをそれぞれ算出する（ステップ S403）。ここでは、基本となる異常周波数の 2、3、4、5 倍の周波数を持つ 2 次、3 次、4 次及び 5 次成分を抽出するものとする。

#### 【0053】

次に、基本となる 1 次の値を基準として、各 2、3、4、5 次成分のレベルの確認を行う（ステップ S404）。ここでは、各成分のレベルが  $\{(1 \text{ 次のレベル}) - 3(n - 1)\}$  (dB) 以上である場合に、異常有りのカウントを行う。具体的には、以下の場合に、各成分に関し異常有りのカウントが行われる。

$$(2 \text{ 次成分のレベル}) > (1 \text{ 次成分のレベル}) - 3$$

$$(3 \text{ 次成分のレベル}) > (1 \text{ 次成分のレベル}) - 6$$

$$(4 \text{ 次成分のレベル}) > (1 \text{ 次成分のレベル}) - 9$$

$$(5 \text{ 次成分のレベル}) > (1 \text{ 次成分のレベル}) - 12$$

## 【0054】

そして、異常有りのカウントの個数が所定個数以上であるかどうかを確認することによって、最終的な異常判断を行う（ステップS405）。ここでは、2個以上異常有りのカウントがあれば、最終的に異常有りと判断し、1個以下であれば、異常なしと判断する。

## 【0055】

図17は、円筒ころ軸受（外径215mm、内径100mm、幅47mm、ころ数14）を約300min<sup>-1</sup>で内輪を回転させたときの周波数スペクトルのレベルと基準線との関係を示す図である。図中の直線は、上述の基準値を線で結んだ判定基準線である。軸受にきずがある場合には、2次以上の成分の値は、判定基準線以上となっているが、正常状態でも発生するころ落ち音に対応するピークのレベルは、2次及び4次成分にて、この判定基準線を下回っている。一般に、ころ落ち音（転動体落ち音）は、外輪に欠陥がある場合と比較して高次成分が低いいため、図17で示すように、殆どの値が判定基準線を下回る。これにより、ころ落ち音等、外輪に欠陥がある場合と同じ周波数にピークが現れるような場合であっても、高次成分のレベルを比較することにより、異常か正常かをより精度よく判断することが可能である。

## 【0056】

## (6) 周波数帯域毎の実効値を用いる方法

本方法では、異常に起因する周波数のピークレベルそのものの値ではなく、異常に起因する周波数を含む周波数帯の実効値を用いて、異常診断を行う。具体的に、異常に起因する周波数を含む周波数帯の実効値とは、周波数帯のレベルの自乗平均またはパーシャルオーバーオールである。ここで、自乗平均 $V_i$ 及びパーシャルオーバーオール $S_i$ は、以下の式で与えられる。ここで、 $V_{RMS}$ および $S_{0A}$ は、全周波数帯における自乗平均及びオーバーオールである。オーバーオールは、特定の指定区間の総和を意味する。

## 【0057】



## 【数 1】

$$V_i = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m (P_k - \bar{P}_m)^2 \quad \dots (1)$$

$$S_i = \sum_{k=1}^m P_k \quad \dots (2)$$

$$V_{RMS} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2 \quad \dots (3)$$

$$S_{OA} = \sum_{i=1}^N P_i \quad \dots (4)$$

ただし、

$$N \cdot \Delta f \leq \frac{f_s}{2} \quad \dots (5)$$

$m$  : 切り出される周波数帯域幅 (データ点数)

$\bar{P}_m$  : 区間  $m$  におけるスペクトルの平均値

$P_i$  : 周波数  $i$  におけるスペクトルの値

$\bar{P}$  : 区間  $N$  におけるスペクトルの平均値

$f_s$  : サンプリング周波数

$\Delta f$  : 隣り合う周波数の幅 (周波数分解能)

## 【0058】

図18は、本方法の処理フローを示すフローチャートである。本方法における周波数スペクトル算出までの処理は、図6のフローチャートのステップS101～ステップS108に至るまでの処理と同一である。図18には、ステップS108以降の処理を示す。

## 【0059】

まず、図4に示す式を参照して、軸受の異常に起因する異常周波数を軸受の各部位 (外輪、内輪、転動体、及び保持器) 毎に算出し (ステップS501)、その後、算出された周波数を含む周波数帯域について、自乗平均 ( $V_i$ ) 又はパーシャルオーバーオール ( $S_i$ )、及び、周波数スペクトルの帯域全体の自乗平均 ( $V_{RMS}$ ) 又はオーバーオール ( $S_{OA}$ ) である正規化値を算出する (ステップS502)。そして、前述の一つの次数成分帯域の自乗平均 ( $V_i$ ) 又はパーシャルオーバーオール ( $S_i$ ) を前記正規化値 ( $V_{RMS}$  又は  $S_{OA}$ ) で除した値又は差分の値を算出する (ステップS503)。

## 【0060】

次に、除した値又は差分の値を保存されている参照データと比較照合し、除した値又は差分の値が正常な範囲であるかどうか、具体的には所定の基準値以上かどうかを判断する（ステップS504）。除した値又は差分の値が所定の基準値以上または以下であれば、異常有りと判断し、周波数帯に基づき、異常発生箇所を特定する（ステップS505）。ここで、基準値以上であるか以下である場合に異常有りとするかは、実際の測定によって定めればよい。それ以外の場合は、異常なしと判断する（ステップS506）。

## 【0061】

以上の方法を、実際の測定結果を引用して説明する。図19は、外輪に異常がある場合の周波数スペクトルを、図20は、外輪に異常が無い場合のスペクトルを示すグラフである。図19の左端近傍（10～20Hzあたり）には、異常ピーク周波数帯が存在する。このスペクトル全体の自乗平均値 $V_a$ は、0.016である。一方、図20の対応するスペクトル全体の自乗平均値 $V_n$ は、0.008である。ここで、外輪きずに起因する異常周波数帯（基本周波数）に対して抽出する周波数帯域幅を2Hzとすると、その帯域における自乗平均値を $V$ で正規化した値は、図19の場合90.78であり、図20の場合38.47となる。異常を有する場合は、正常時に比べて約2.4倍正規化した値が大きいことがわかる。従って、90.78と38.47の間又は正常時と異常時の比に所定のしきい値を設け、しきい値より大きい場合には、外輪に異常が発生していると判断することができる。

## 【0062】

一方、図21及び図22は、複数の帯域を用いる場合の例を示す。図21は、外輪に損傷を有するころ軸受及び正常な歯車（歯数；31）を有する機械設備のエンベロープ周波数スペクトルを示すグラフである。この図では、5つの周波数ピークが観測されており、基本周波数から、その整数倍毎に2次成分から5次成分までが観測されている。一方、図22は、図21に対応する正常時の観測データであり、特異周波数は見あたらない。

## 【0063】

以下、図21及び図22のデータに関し、上記手法を適用してみる。外輪きず

に起因する基本周波数およびその 5 次までの成分の各帯域における自乗平均値の和をスペクトル全体の自乗平均値で正規化した値は、図 2 1 の場合は 11.64 であり、図 2 2 の場合は 5.19 となる。ここで、5 次の高調波とは、基本周波数から数えて 5 番目のピークを意味する。異常を有する場合は、正常時に比べて約 2.2 倍正規化した値が大きいことがわかる。従って、11.64 と 5.19 の間又は正常時と異常時の比に所定のしきい値を設け、しきい値より大きい場合には、外輪に異常が発生していると判断することができる。

#### 【0064】

以上が、比較判定部 3 6 により異常の有無の判断を行う場合の具体的な処理パターンである。比較判定部 3 6 は、これらの方法のうち複数の判断方法を用いて異常診断を行うように構成してもよい。複数の判断方法により、異常と判断することは、異常診断の正確さが向上するため好ましい。

#### 【0065】

データ蓄積出力部 3 8 は、比較判定部 3 6 の判定結果を保存する保存部であり、ハードディスクやメモリ媒体等で構成される。データ蓄積出力部 3 8 は、比較判定部 3 8 の判定結果を制御部 4 1 及び結果出力部 4 2 に出力する。データ蓄積出力部 3 8 は、制御部 4 1 へは以下に説明する制御部 4 1 の動作に必要な場合のみ、結果を出力するように構成しても良い。

#### 【0066】

制御処理部 4 0 は、演算処理部 3 0 の分析結果や判定結果を所定の表示形態で表示する表示手段としての結果出力部 4 2 と、軸受 2 1 が組み込まれている車両の駆動機構の動作を制御する制御系に前記比較判定部 3 6 の判定結果に応じた制御信号をフィードバックする制御部 4 1 とを備えている。

#### 【0067】

結果出力部 4 2 は、具体的には、モニターや画像表示やプリンタへ印刷出力によって、演算処理部 3 0 の分析結果や判定結果を通知する他、演算処理部 3 0 の判定結果が異常有りの場合には、警告灯の点滅や警報機の作動による通知を行う。

#### 【0068】

制御部 41 は、例えば、演算処理部 30 の判定結果が異常有りの場合に、異常の程度に応じて、車両の走行停止や、速度の減速等を示す制御信号を車両の走行制御器に送る。本実施形態では、複数のセンサ 22 は、軸受装置の軸受の状態を連続で測定し、演算処理部 30 は、測定されたデータに基づき順次異常診断するようにしている。従って、制御処理部 40 は、異常が発生したら即座に異常を通知し、車両の制御を行う。即ち、検出、分析、判定及び結果出力の流れがリアルタイムに行われている。

#### 【0069】

なお、センサ 22 は、常に測定を行うように構成してもよいし、または所定時間毎に測定を行うように構成しても構わない。また、リアルタイムに異常診断を行う代わりに、車両運行時には測定及び測定データの蓄積のみを行い、後に別の場所で解析を行うように構成してもよい。例えば、日中は測定のみを行い、夜間にまとめて分析、判定及び結果出力を行うように構成しても構わない。

#### 【0070】

以上、説明した本実施形態の車軸用軸受装置の異常診断装置 1 は、鉄道車両の車軸用軸受装置の軸受装置の異常の有無を診断する異常診断装置であって、軸受装置から発生する信号を電気信号として出力する検出器としての複数のセンサ 22 を有する検出処理部 20 と、検出処理部 20 の出力を基に軸受装置の異常診断を行う演算処理を行う演算処理部 30 と、演算処理部 30 による判定結果を出力する結果出力部 42 と、判定結果に基づき鉄道車両の制御系に制御信号をフィードバックする制御処理部 41 と、を備えている。この異常診断装置 1 は、センサ付き軸受 21 の構成部品の摩耗や破損に起因した異常の有無を判定するため、センサ付き軸受 21 自体や軸受 21 を含む鉄道車両自体を分解をせずに通常の使用状態のままで異常の有無を判定することができる。

#### 【0071】

従って、手間のかかる分解・組み立て作業の頻度を減少させて保守・管理コストを低減させることができる。また、規定の演算処理による分析や比較で機械的に判定を行うため、従来の目視検査と比較すると、検査担当者の熟練度や個人差によって判定がばらつく虞がなく、異常の有無の診断の信頼性を向上させること

ができる。

#### 【0072】

また、転がり軸受 21 を構成する機構部品である外輪等に直にセンサ 22 が組み込まれて、センサ 22 が高感度で転がり軸受 21 の発生する物理量を検出するため、転がり軸受 21 の周囲の他の器物が発生する音や振動の周波数成分のピークが、センサ 22 の検出する信号の S/N 比に悪影響を及ぼす危険が低減し、センサユニット 5 の出力信号の S/N 比の改善によって、分析・判定の精度の向上を図ることができる。

#### 【0073】

なお、本実施形態の異常診断装置 1 は、軸受装置の軸受の異常の有無及び異常発生箇所を診断するとしたがこれに限られず、車輪のフラット部を診断するように構成してもよいし、また軸受装置の歯車の異常の有無及び異常発生箇所を診断するように構成してもよい。

#### 【0074】

また、図 23 に示すように検出処理部 20 の代わりに、図 2 (c) に示すように、演算処理部 30 と無線通信を行うセンサ 52 を有する検出部 51a、51b、51c からなる検出処理部 51 を用いてもよい。各検出部 51a、51b、51c は、それぞれ軸受 21 の外輪 23 上にセンサ 52 が取り付けられて構成されている。このセンサ 52 は、センサケース 52a の内部に温度検出素子 52b と、回転検出素子 52c と、振動検出素子 52d と無線通信用の送信部 52g が取り付けられている。各検出素子には、各検出素子 52b～52d が検出した信号を所定の増幅率で増幅する増幅器を設けても良い。送信部 52h は、演算処理部 30 に設けられた受信部 60 に無線を介して信号を送信する。

#### 【0075】

以上のように構成することにより、検出処理部 51 と演算処理部 30 間の配線等を考慮することなく、センサを軸受装置に取り付けることが可能となるため、センサの配置自由度が増し、精度が高くなる位置にセンサを取り付けることが容易になる。同様の送信部及び受信部を設けることにより、演算処理部 30 と制御処理部 40 との間を無線通信で行うように構成しても良い。

## 【0076】

## 【発明の効果】

以上、本発明の異常診断装置は、鉄道車両の軸受装置に組み込まれているセンサ付き軸受のセンサの出力を情報処理装置としての演算処理部によって分析すると共に、基準データと比較することで、摺動部材の構成部品の摩耗や破損に起因した異常の有無を判定するため、鉄道車両およびその軸受装置を分解をせずに通常の使用状態のままで異常判定することができる。

従って、手間のかかる分解・組み立て作業の頻度を減少させて保守・管理コストを低減させることができる。

また、規定の演算処理による分析や比較で機械的に判定を行うため、従来の目視検査と比較すると、検査担当者の熟練度や個人差によって判定がばらつく虞がなく、異常の有無の診断の信頼性を向上させることができる。

## 【0077】

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明に係る鉄道車両用の異常診断装置の実施形態を示す図である。

## 【図2】

センサの内部構造を示すブロック図である。

## 【図3】

データ蓄積分配部を示す図である。

## 【図4】

軸受の各部材の欠陥と各部材で発生する異常振動周波数の関係を示す関係式である。

## 【図5】

軸受における負荷圏と非負荷圏の関係を示す図である。

## 【図6】

第1の方法における処理のフローを示すフローチャートである。

## 【図 7】

異常が発生していない場合の周波数スペクトルを示すグラフである。

## 【図 8】

外輪に異常が発生している場合の周波数スペクトルを示すグラフである。

## 【図 9】

保持器に傷がある場合の周波数スペクトルと基準値の関係を示すグラフである。

。

## 【図 10】

第 2 の方法における処理のフローを示すフローチャートである。

## 【図 11】

第 2 の方法を説明する図である。

## 【図 12】

第 3 の方法における処理のフローを示すフローチャートである。

## 【図 13】

外輪に傷がある場合の周波数スペクトルを示す図である。

## 【図 14】

第 4 の方法を説明する図である。

## 【図 15】

剥離の大きさと、実測周波数スペクトルデータに現れるピークと基準レベルとの間のレベル差の関係を示したものである。

## 【図 16】

第 5 の方法における処理のフローを示すフローチャートである。

## 【図 17】

周波数スペクトルのレベルと基準線との関係を示す図である。

## 【図 18】

第 6 の方法における処理のフローを示すフローチャートである。

## 【図 19】

外輪に異常がある場合の周波数スペクトルを示すグラフである。

## 【図 20】

外輪に異常が無い場合の周波数スペクトルを示すグラフである。

【図 2 1】

外輪に異常がある場合の周波数スペクトルを示すグラフである。

【図 2 2】

外輪に異常が無い場合の周波数スペクトルを示すグラフである。

【図 2 3】

本発明に係る鉄道車両用の異常診断装置の変形例を示す図である。

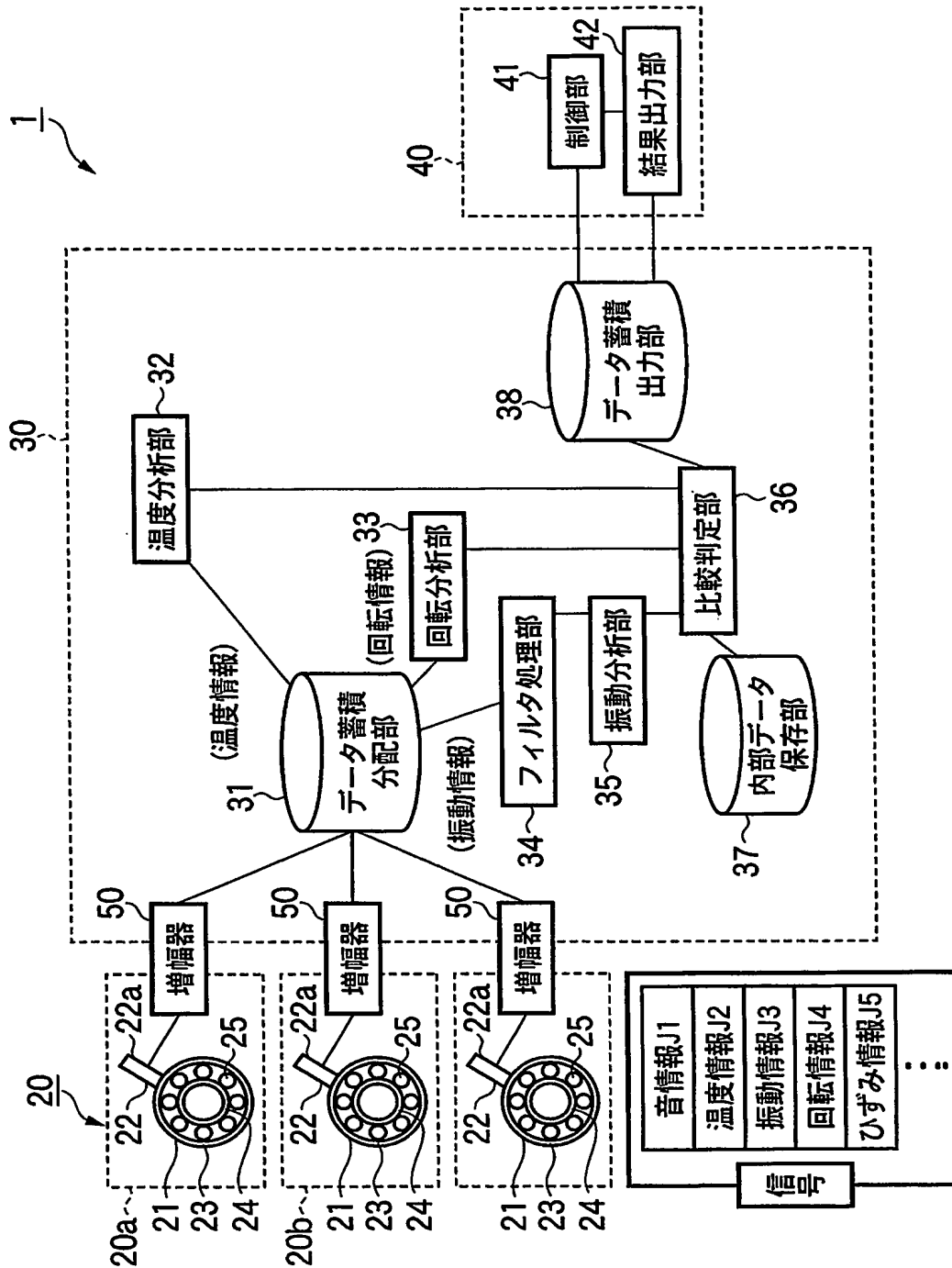
【符号の説明】

- 1 異常診断装置
- 20, 51 検出処理部
- 21 転がり軸受
- 22 センサ
- 23 外輪
- 24 内輪
- 25 転動体
- 30 演算処理部
- 31 データ蓄積分配部
- 32 温度分析部
- 33 回転分析部
- 34 フィルタ処理部
- 35 振動分析部
- 36 比較判定部
- 37 内部データ保存部
- 38 データ蓄積出力部
- 40 制御処理部
- 41 制御部
- 42 結果出力部
- 50 増幅器
- 100 入力部

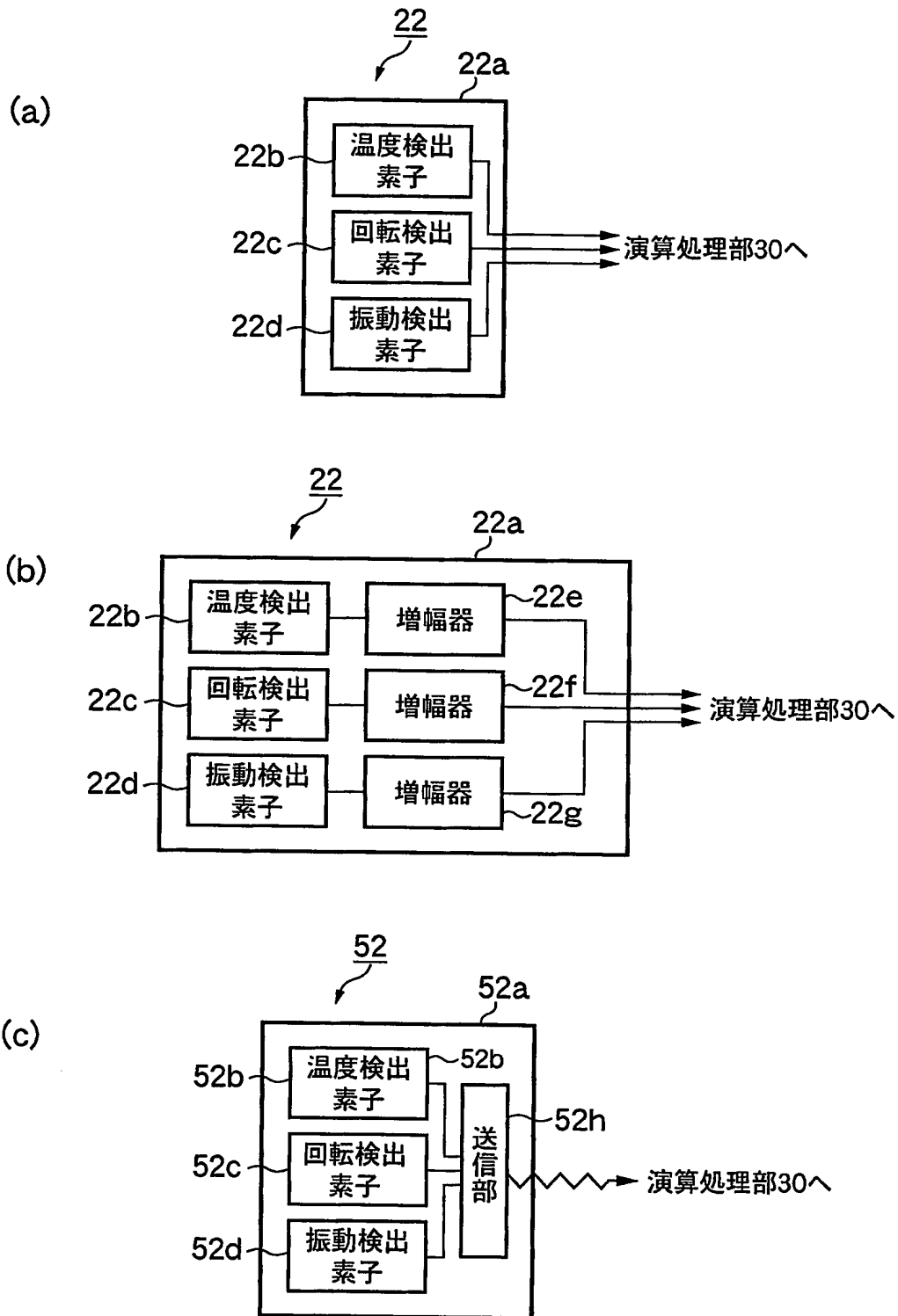


【書類名】 図面

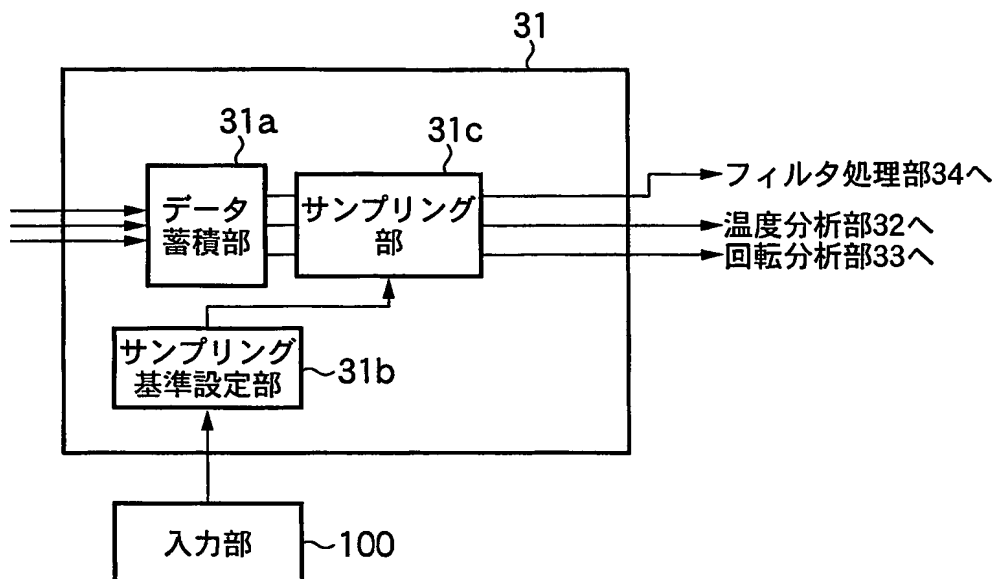
【図1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

転がり軸受の傷	エンベロープ処理後の周波数
内輪 (Si)	$Zf_i = \frac{fr}{2} \left( 1 + \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z$ [Hz]
外輪 (So)	$Zf_c = \frac{fr}{2} \left( 1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right) Z$ [Hz]
転動体 (Sb)	$2fb = fr \left( 1 - \frac{Da^2}{dm^2} \cos^2 \alpha \right)$ [Hz]
保持器 (Sc)	$f_c = \frac{fr}{2} \left( 1 - \frac{Da}{dm} \cos \alpha \right)$ [Hz]

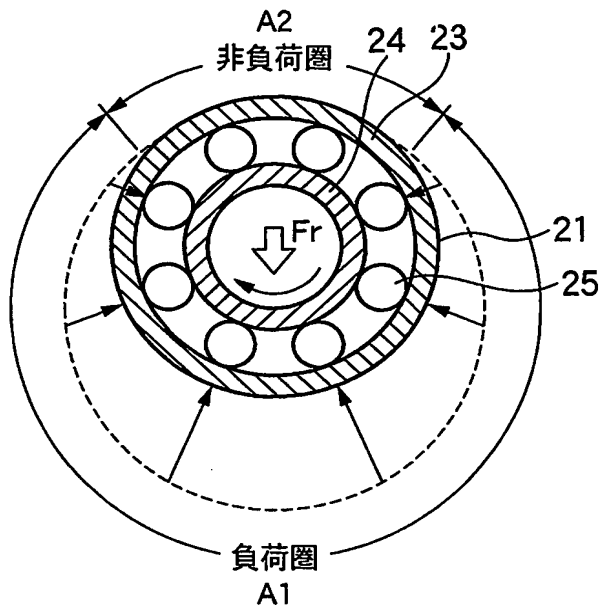
fr: 内輪回転速度 [Hz]    Z: 転動体の数

fc: 保持器回転速度 [Hz]    fi: fr - fc

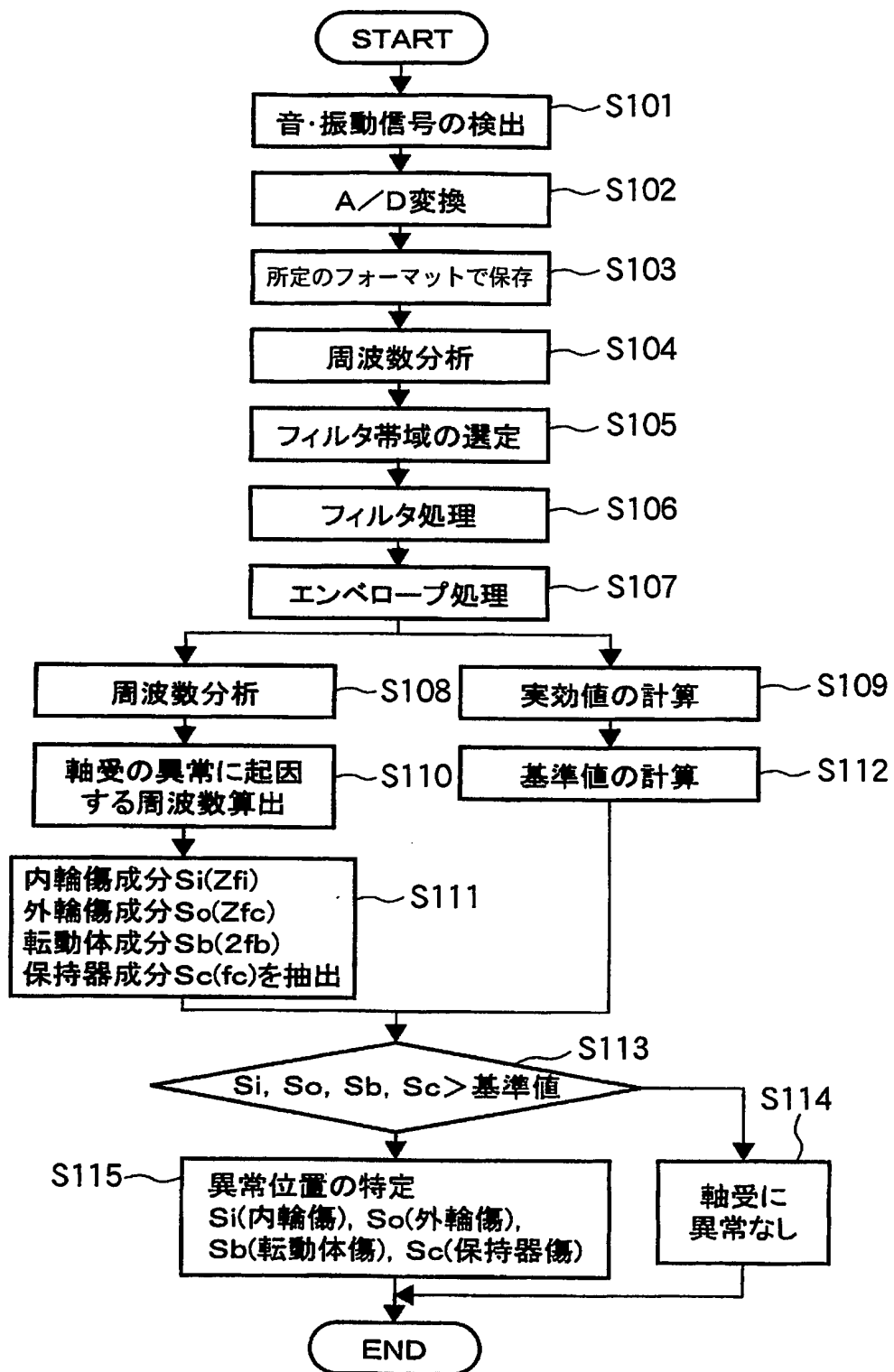
fb: 転動体自転速度 [Hz]    Da: 転動体直径 [mm]

dm: ピッチ円直径 [mm]    α: 接触角 [度]

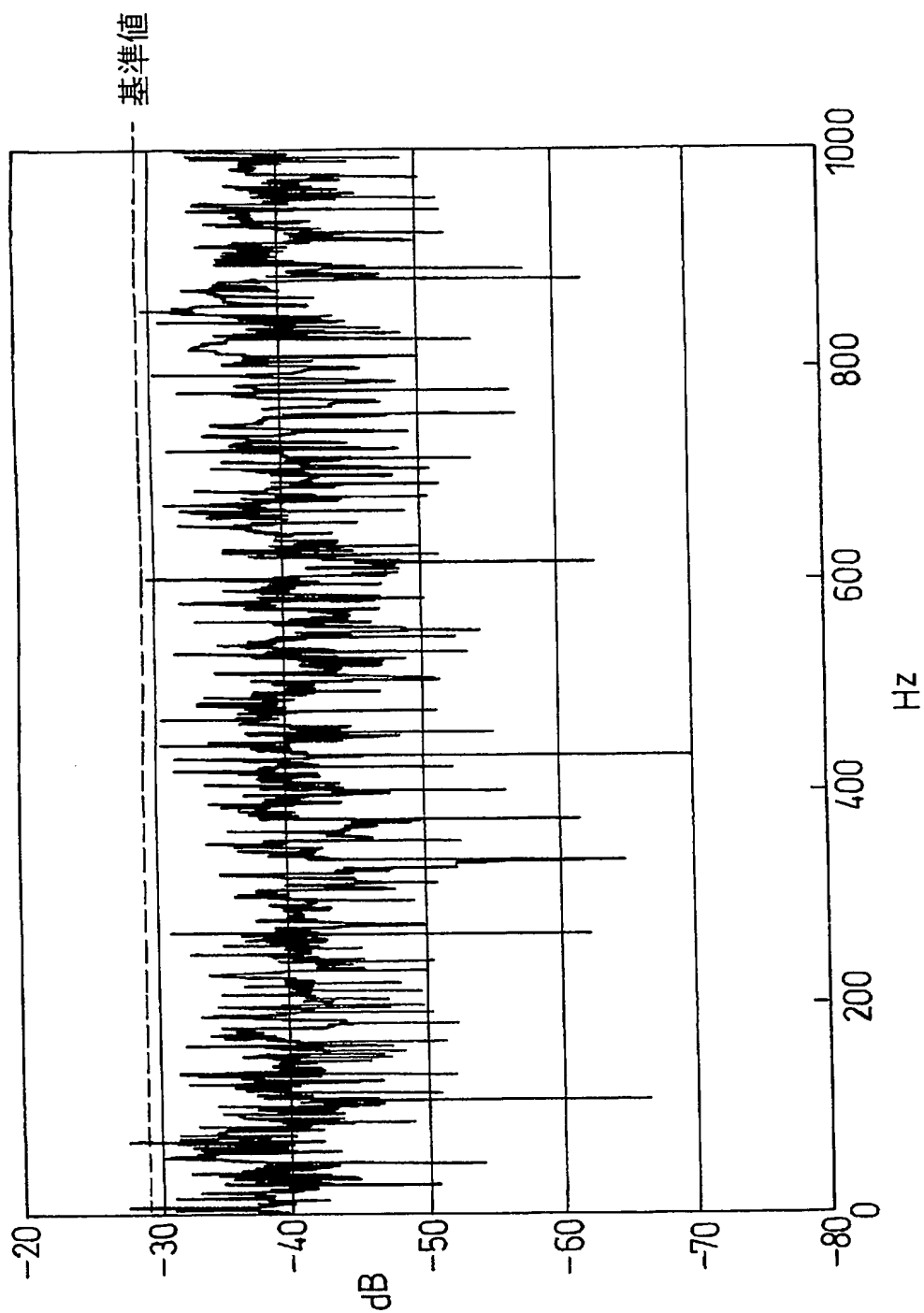
【図 5】



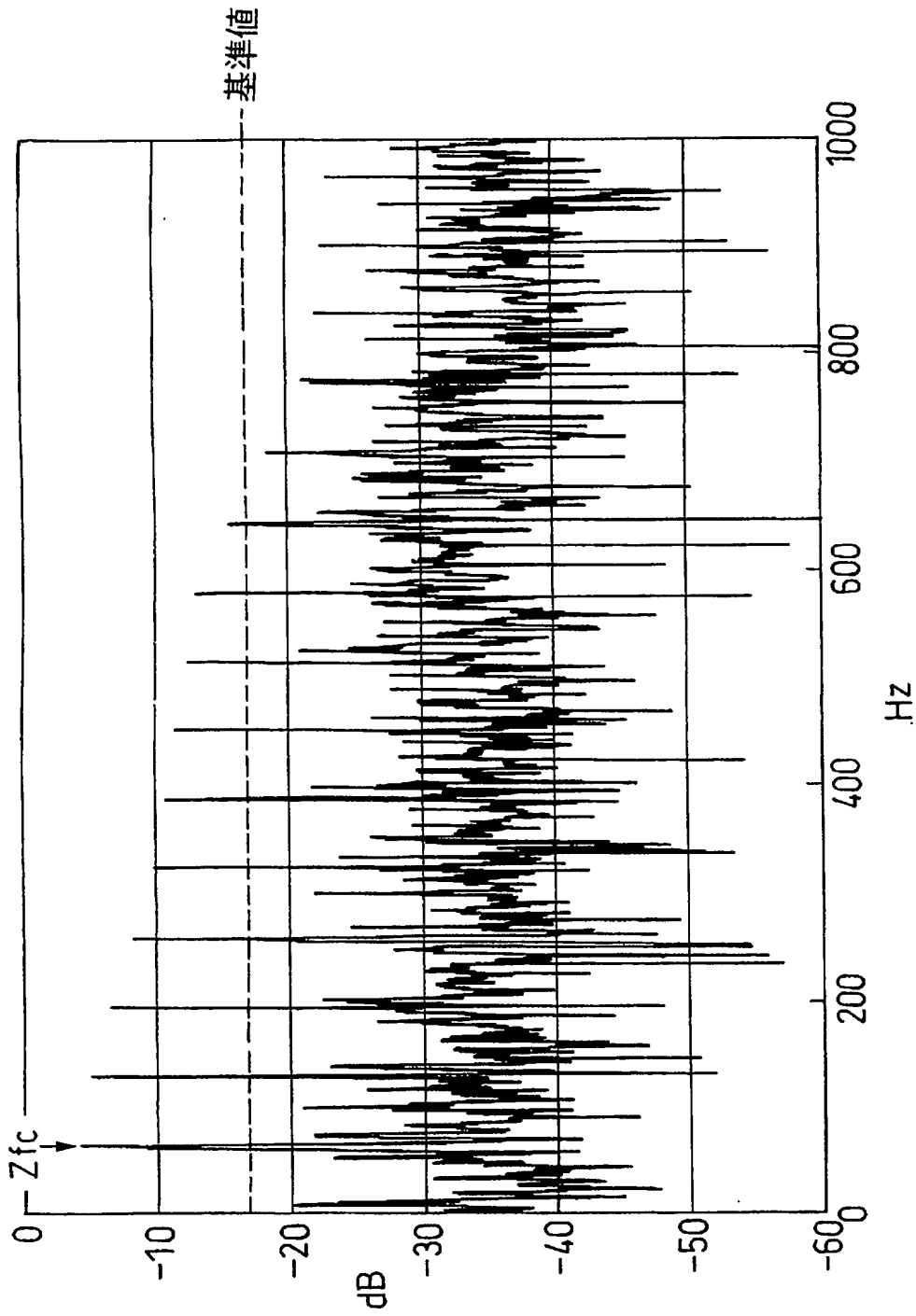
【図 6】



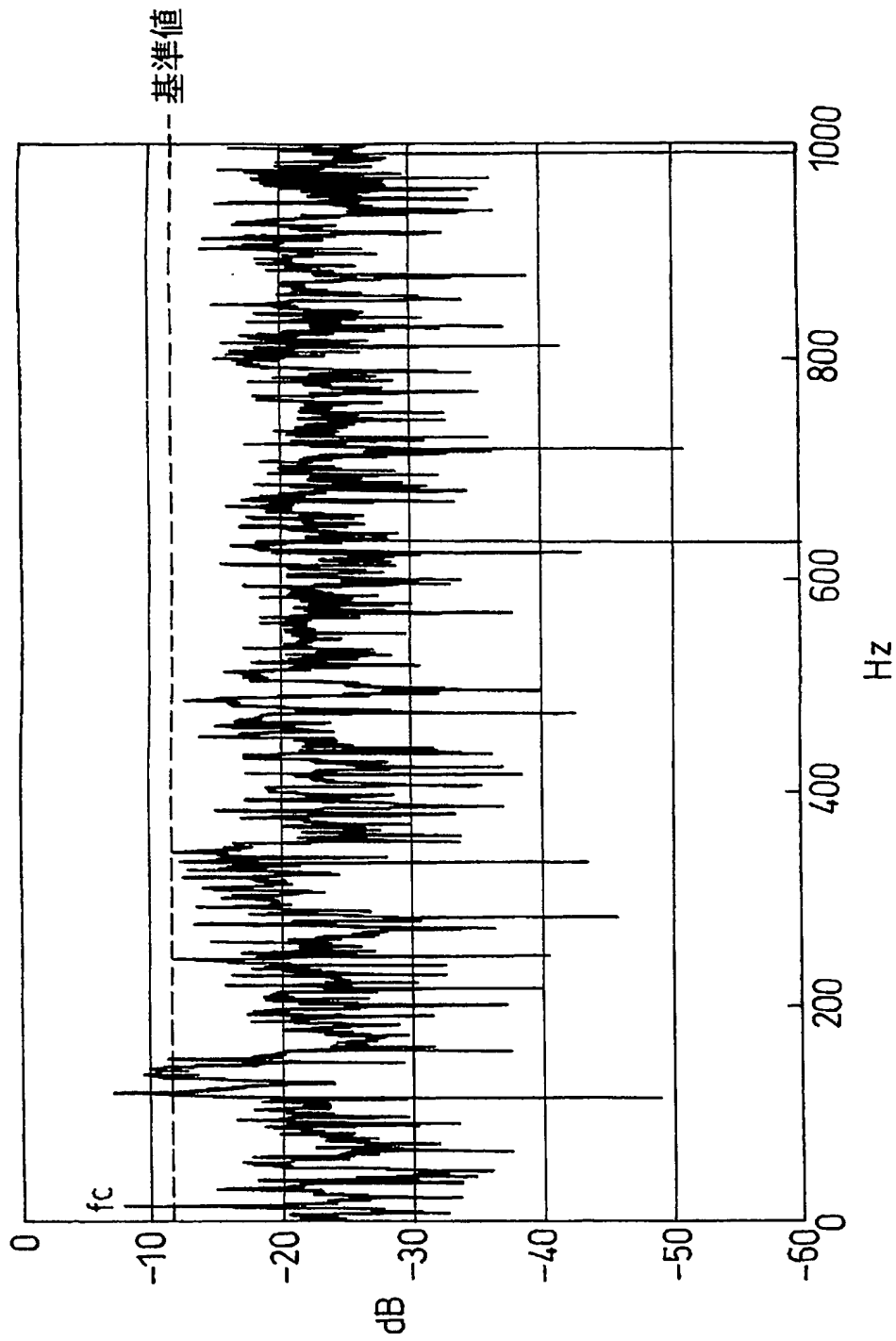
【図 7】



【図 8】

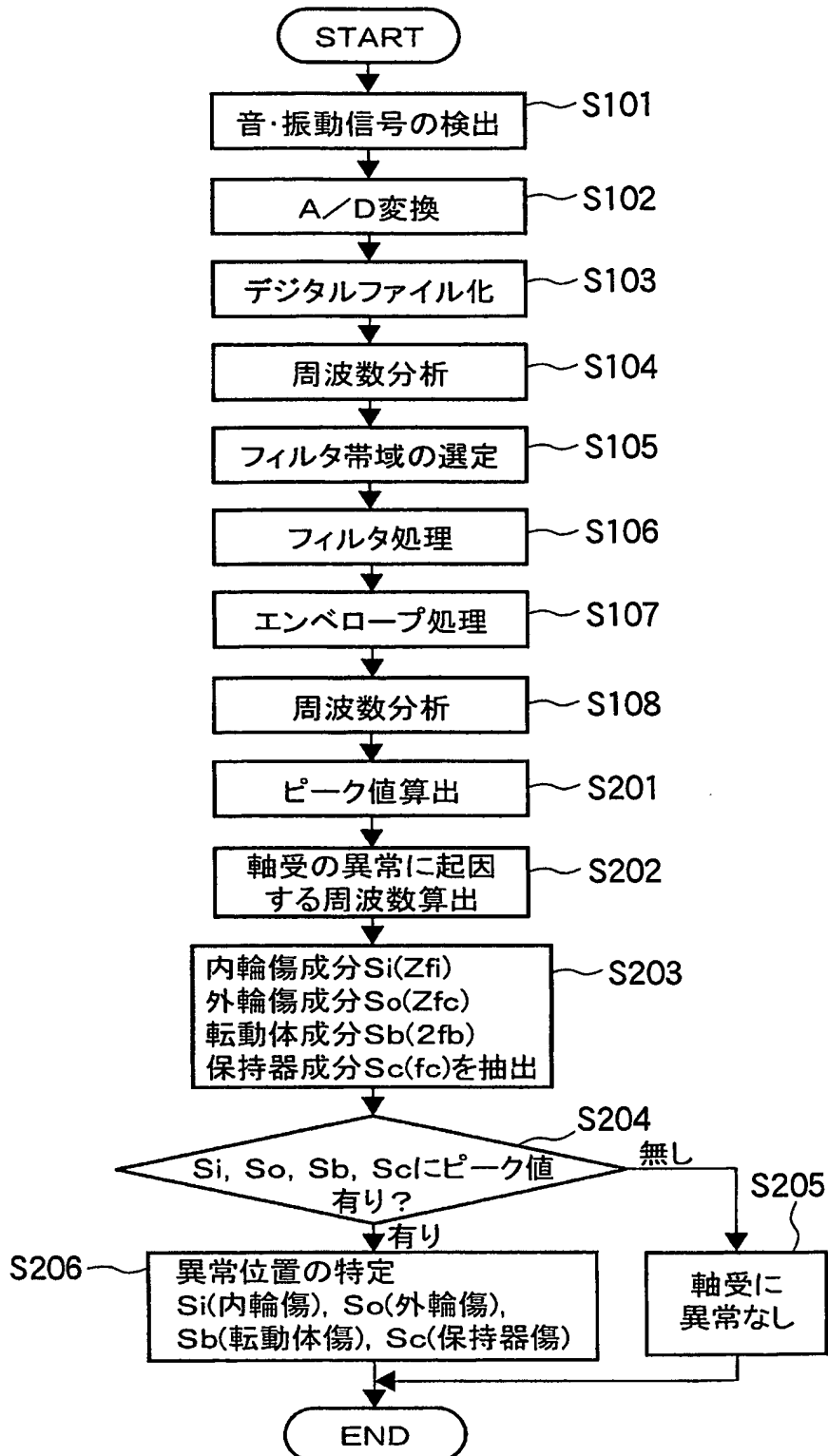


【図 9】

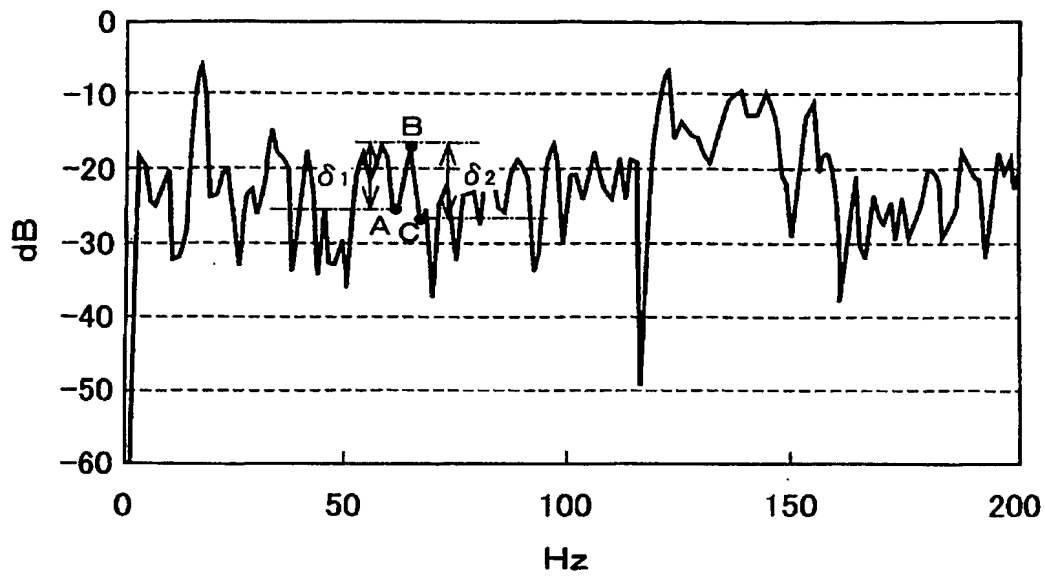




【図10】



【図 11】



$A(X_0, Y_0)$ ,  $B(X_1, Y_1)$ ,  $C(X_2, Y_2)$ とすると

$$\delta_1(=Y_1-Y_0) > 0, \quad \text{---①}$$

$$\delta_2(=Y_2-Y_1) < 0, \quad \text{---②}$$

①, ②を満たし,

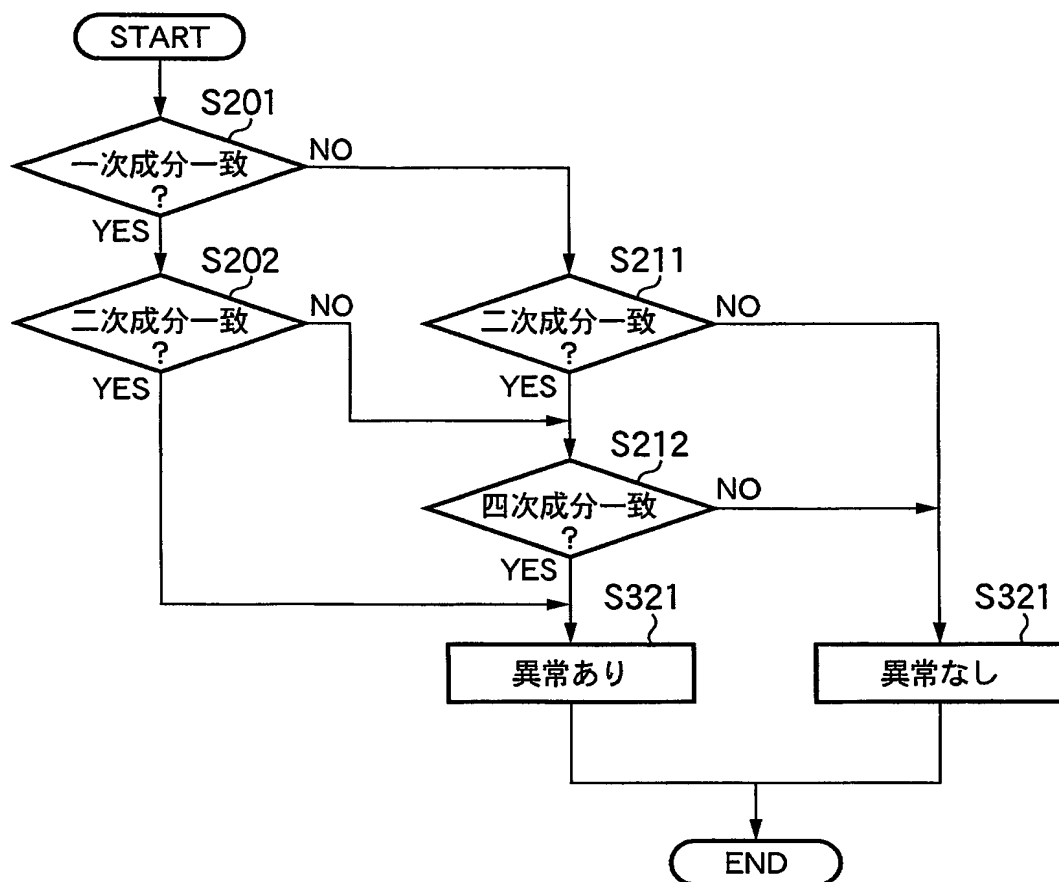
$$dy/dx=(Y_1-Y_0)/(X_1-X_0) > 1$$

または,

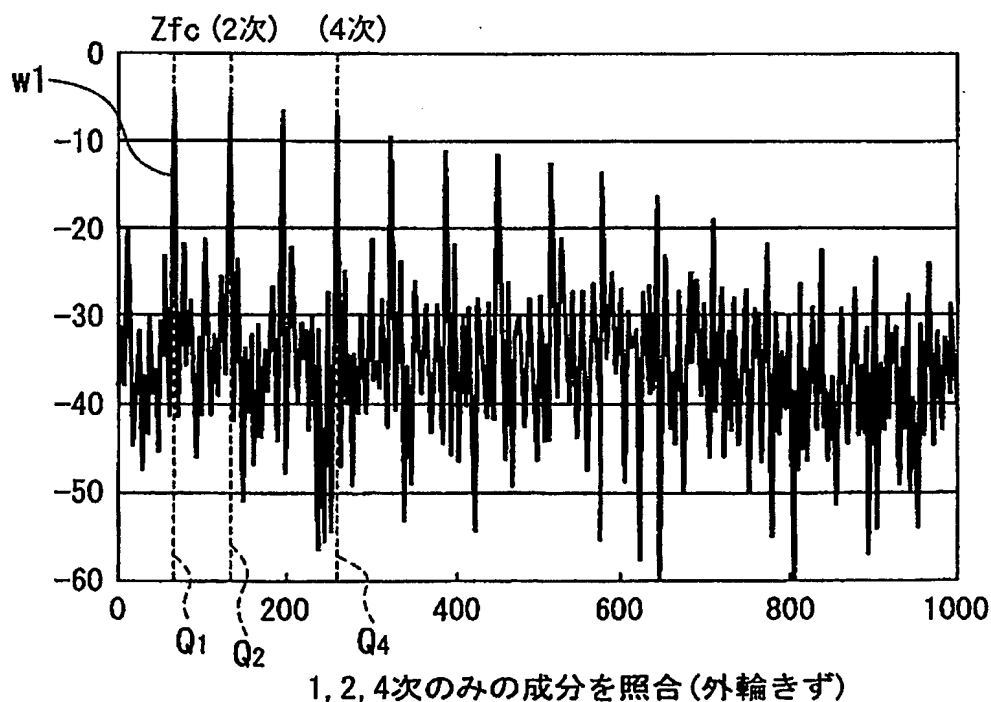
$$dy/dx=(Y_2-Y_1)/(X_2-X_1) < -1$$

を満たすとき,  $Y_1$ をピークとする.

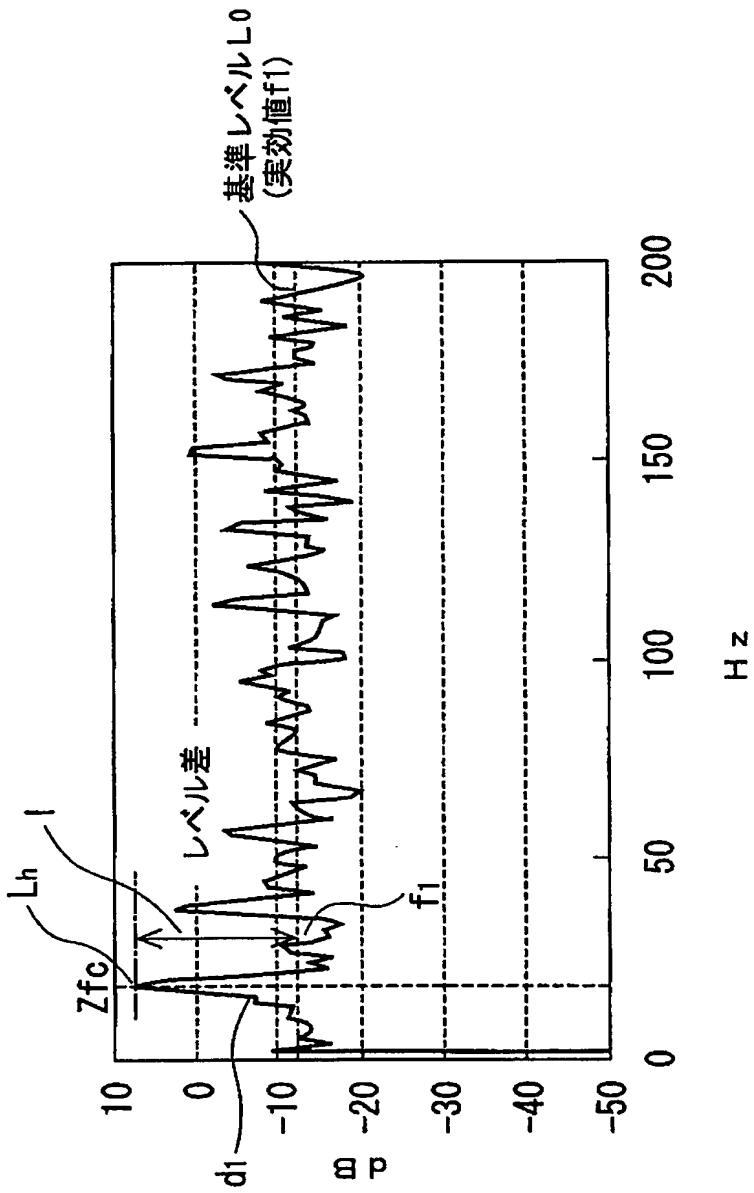
【図 12】



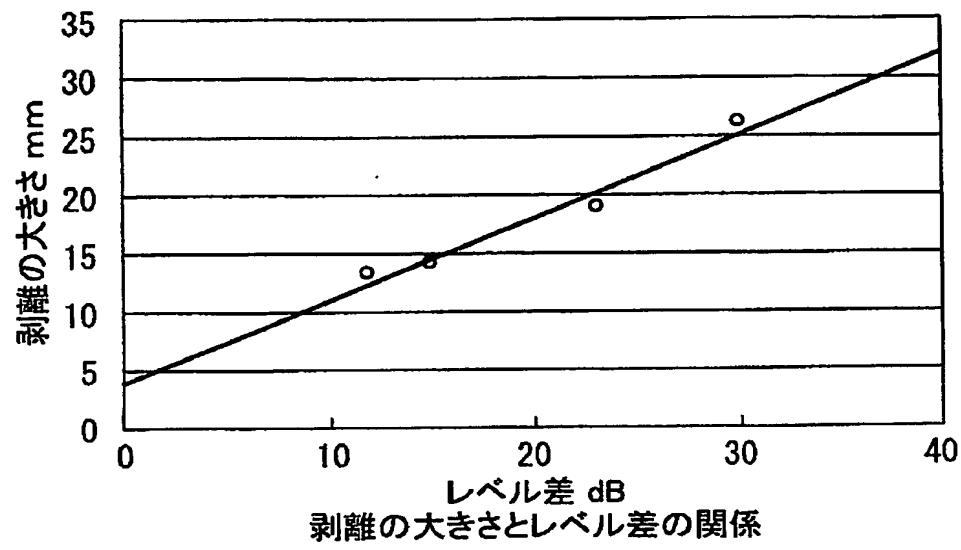
【図 13】



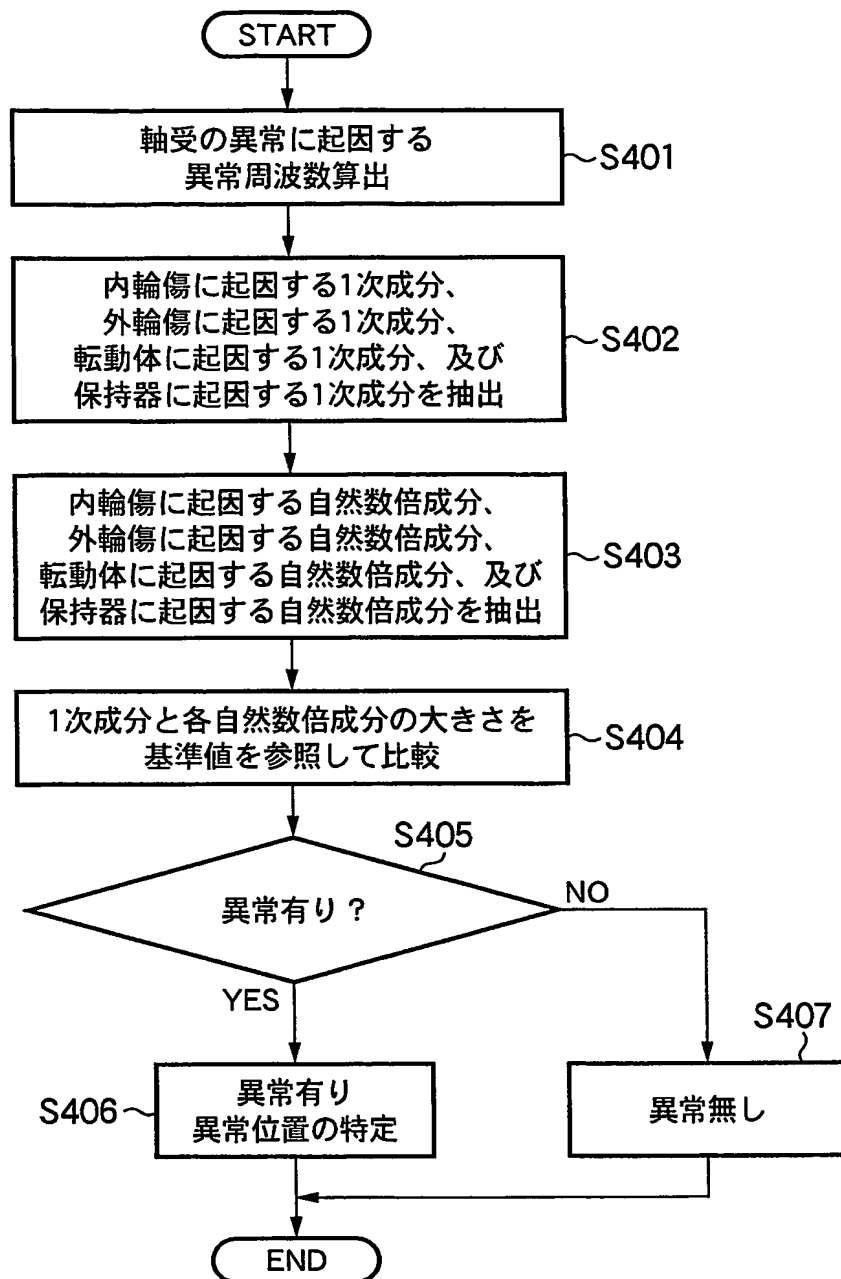
【図 14】



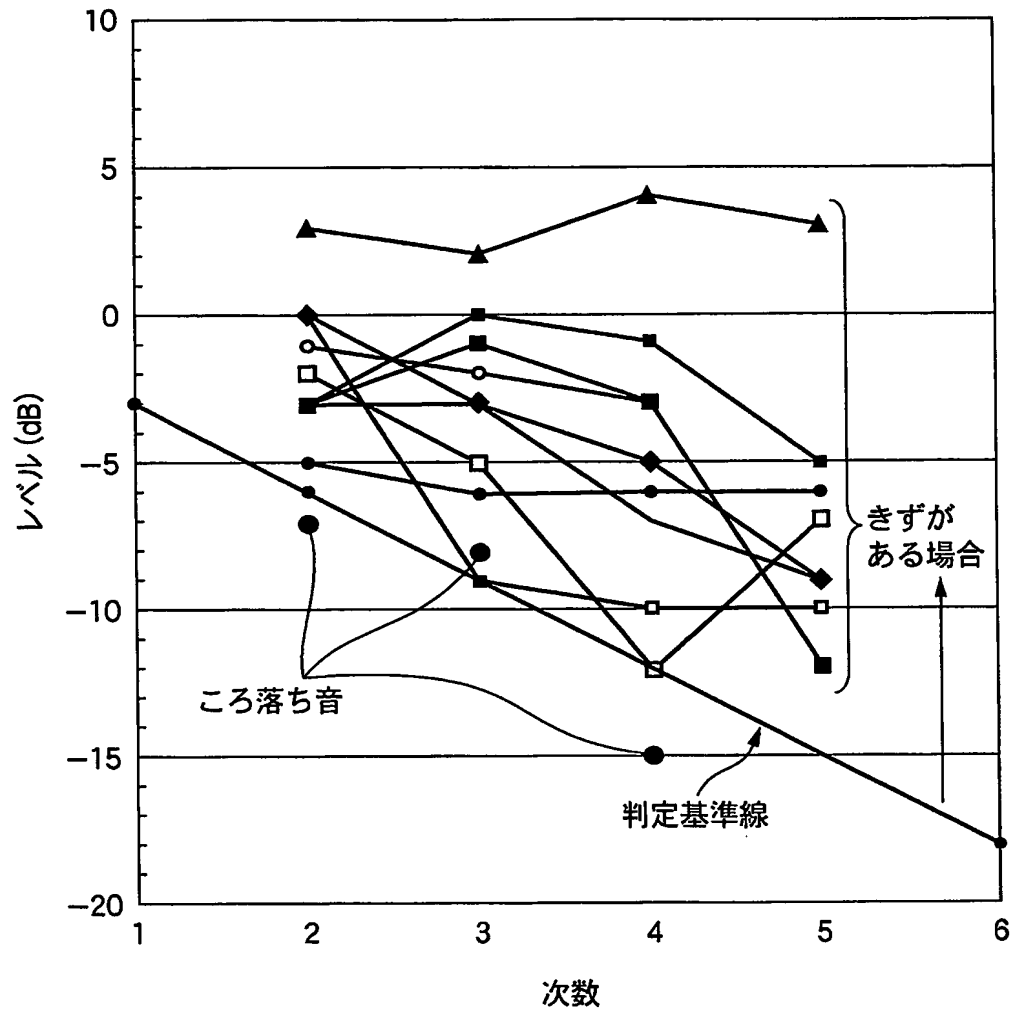
【図 15】



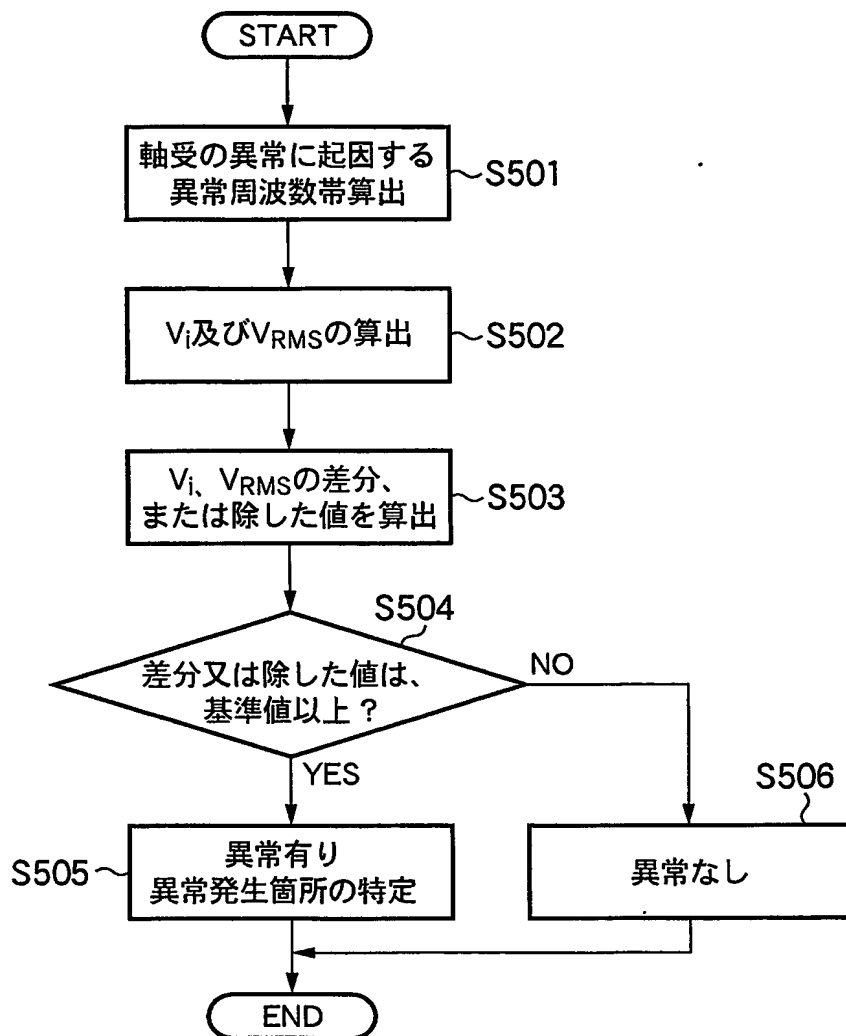
【図 16】



【図 17】

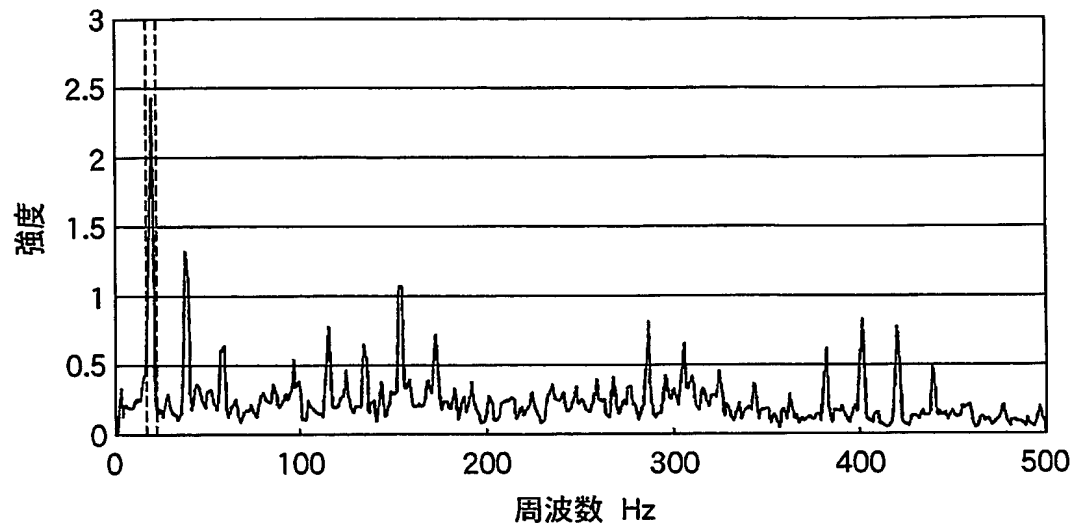


【図 18】

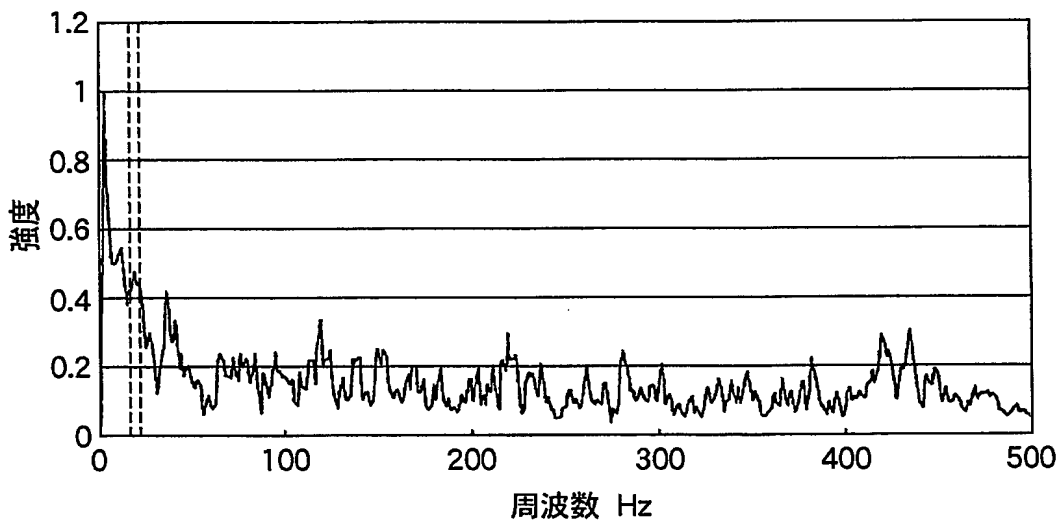




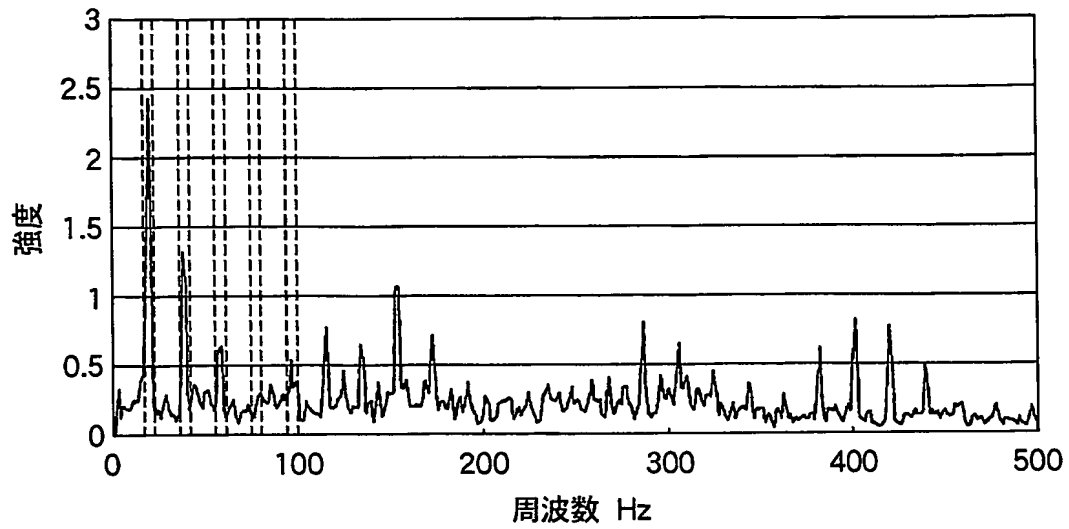
【図 19】



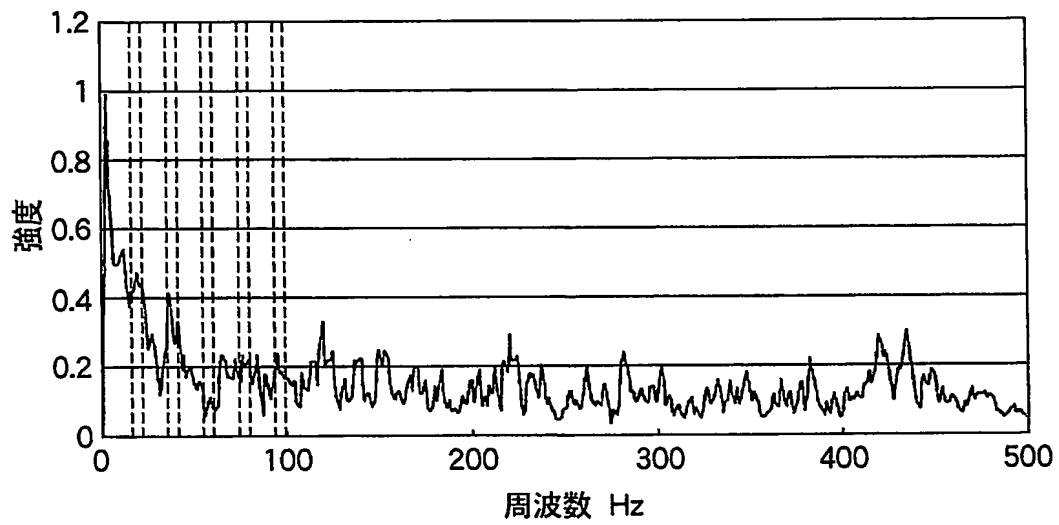
【図 20】



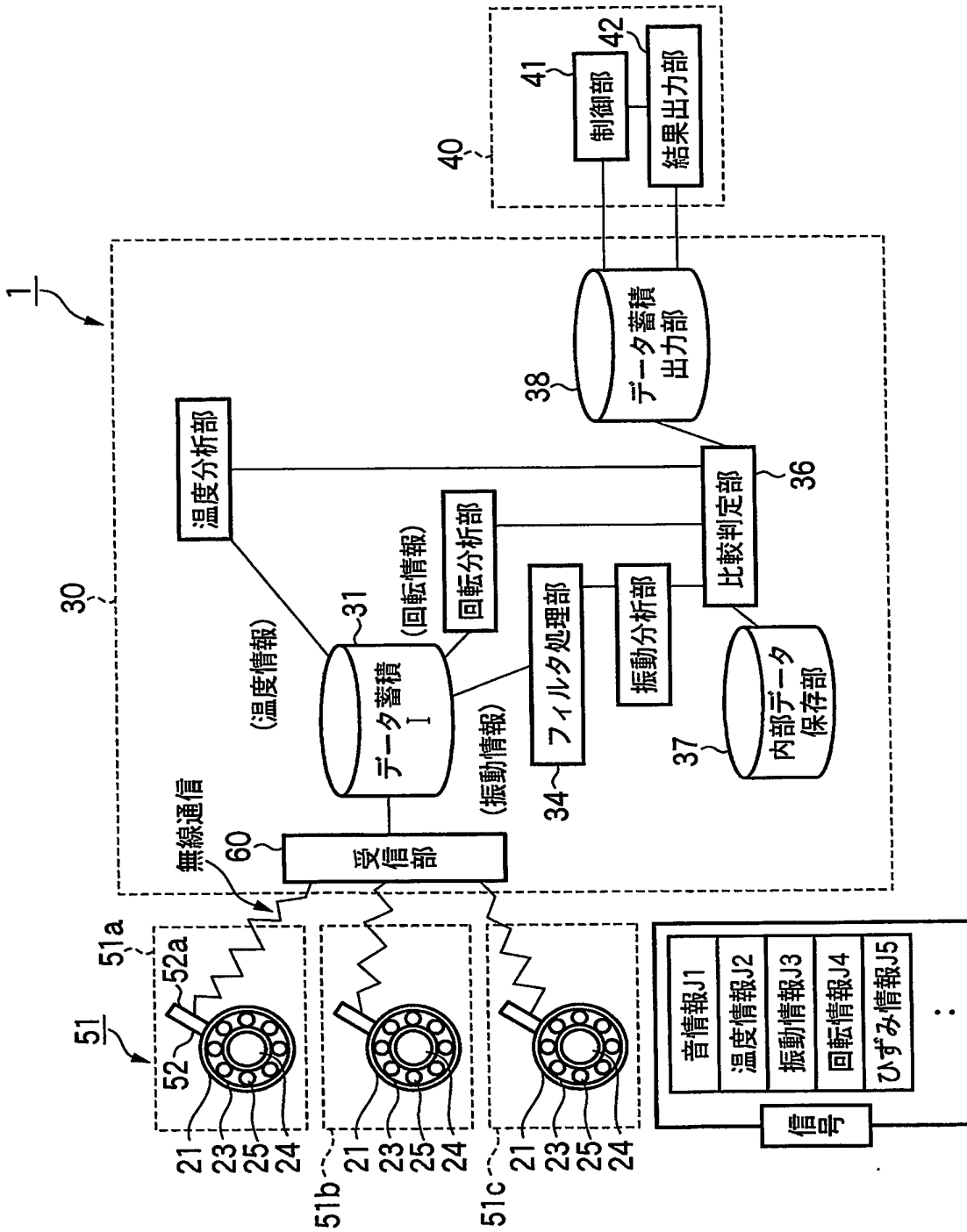
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 手間のかかる分解・組み立て作業の頻度を減少させて保守・管理コストを低減させることができる異常診断装置を提供すること。

【解決手段】 鉄道車両の車軸用軸受装置の異常の有無を診断する異常診断装置であって、前記軸受装置から発生する信号を電気信号として出力する検出処理部と、前記検出処理部の出力を基に前記軸受装置の異常診断を行う演算処理部と、前記演算処理部による判定結果を出力する結果出力部と、前記判定結果に基づき前記鉄道車両の制御系に制御信号をフィードバックする制御処理部と、を備えたことを特徴とする異常診断装置。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 2 - 3 7 0 8 0 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 4 2 0 4 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区大崎 1 丁目 6 番 3 号

氏 名

日本精工株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☒ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**